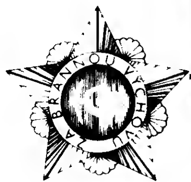
Amatérské RADIO



NOSITEL VYZNAMENÁNÍ ZA BRANNOU VÝCHOVU I. A II. STUPNĚ

ŘADA PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ

ROČNÍK XXXVIII/1989 ● ● ČÍSLO 3

V TOMTO SEŠITĚ

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 135 66 Praha 1, tel. 26 06 51–7. Šéfredaktor ing. Jan Klabal, Redakční radu řídí ing. J. T. Hyan. Redaktor L. Kalousek, OK1FAC. Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51–7, šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a předplatitelská střediska. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – ústřední expedice a dovoz tisku Praha, administrace vývozu tisku, Kovpakova 26, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 160 05 Praha 6, Vlastina ulice č. 889/23.

Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má vyjít podle plánu 8. 6. 1989.

Vydavatelství NAŠE VOJSKO.

F.O.F., továrna budoucnosti

Na tiskové konferenci firmy Rohde a Schwarz (viz protější stranu obálky) byla řeč kromě jiného o výrobcích firmy i o novém provozu firmy v Memmingen. Jde o závod, projektovaný počítačem (a řízený počítačem), který je určen pro efektivní výrobu i malých výrobních sérií (popř. i pro kusovou výrobu). Projekt i realizace je označena jako F.O.F., tj. Factory of the future, továrna budoucnosti, nebude tedy na škodu popsat si podrobněji uspořádání továrny, především proto, že by se mohla stát vzorem i k projektování našich nových továren a provozů v oblasti výroby elektronických přístrojů s malými výrobními sériemi.

Co je skutečně nové v této moderní továrně, je tzv. CIM (Computer Integrated Manufacturing, počítačem řízená a organizovaná výroba) a produkce JIT (Just in Time) (tj. operativně měnitelná výroba) při malých výrobních sériích. Zvláštností je právě produkce JIT, neboť u velkovýrobců tento požadavek, tj. požadavek na pružnou a rychlou změnu výroby nepřichází v úvahu. I při produkci JIT je třeba k efektivnosti výroby využívat automaty k zakládání součástek (jako u velkosériové výroby), navíc je však třeba uspořádat výrobní cyklus tak, aby mohl být výrobní sortiment rychle a operativně měněn. Je zřejmé, že u specializované elektronické výroby v malých sériích je dále třeba vyřešit zakládání speciálních dílů do desek s plošnými spoji, což se podařilo právě v nové továrně R&S, přičemž se počítá i s podílem ruční práce.

šky na tzv. výrobních „busech" na všechna pracoviště, jak pro ruční, tak automatické zakládání součástek a do zkušebny. Přeprava je vedena ve výšce asi 4 m. Počítač, kterým je řízena činnost skladů, nezabezpečuje pouze přísun materiálu na jednotlivá pracoviště, ale i dostatek pracovních nástrojů a zkušebních pomůcek.

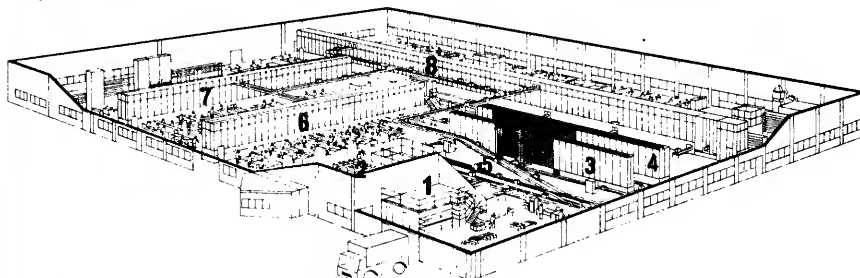
Zajímavé je především to, že nadřízený počítač (počítači řídícímu sklady) dokáže v případě nutnosti (velký počet žádaných součástek) určit prioritu jednotlivých žádostí o součástky a díly s ohledem na momentální potřebu ve výrobě. Zatímní potřeba pracovníků vlastně žádná – stejně jako při dalších předvýrobních operacích.

Tzv. výrobní „bus" je označen *6*, je 30 m dlouhý a zásobuje pracoviště s ručním vkládáním součástek, výrobní „bus" *7* je dlouhý 34 m a zásobuje pracoviště s vkládacími automaty. Oba pracují s taktem 40 až 60 sekund.

Pracoviště, na nichž jsou vkládány součástky do desek s plošnými spoji ručně, jsou vybavena zajímavým způsobem: na to místo desky, do něhož má být vložena součástka, svítí světelný paprsek. Součástka, která má být do daného místa vložena, je ze zásobníku, na němž se rozsvítí svítivá dioda.

Po osazení jsou desky hromadně pájeny v ochranné atmosféře, takže odpadá čistění po pájení.

Výrobní „bus" *8* se skládá ze dvou linek délky 24 a 52 m. Jeho úkolem je transportovat osazené a zapájené desky s plošnými



Stručně řečeno – továrna má automatickou vazbu mezi zásobováním materiálem a jednotlivými pracovišti na základě sdružení principu zásuvkových zásobníků a toku materiálu na jednotlivá pracoviště v co možno nejkratší době.

Řez továrnou je na obrázku. Jde o halu 73 × 103 m, vysokou 5 m. Projděme si továrnu krok po kroku. Vstupní částí výroby je přejímka zboží *1*, tj. místnost, kam se ukládá veškerý dovezený materiál a hotové neosazené desky s plošnými spoji. Prakticky všechny součástky se kontrolují v oddělení kontroly *2*, v němž se také určí, do které oblasti skladu ta či ona součástka patří. Speciální „bus" pro málo rozměrné díly a součástky (Rotary Rack), *3*, má 20 000 vysouvacích zásuvek o obsahu 0,7 litrů. Celou tuto speciální zásuvkovou stěnu doplňuje „páternoster", tj. malé výtahové zařízení, které slouží jak k ukládání, tak k vydávání součástek; až do počtu jedenácti současných objednávek součástí je takt vydávání součástí 3 sekundy.

„Bus" pro součásti velkých rozměrů pracuje na stejném principu, na obrázku je označen *4*. Má 7000 zásuvek o obsahu 7 litrů, pro pět současných objednávek materiálu je jeho takt 12 sekund. Vybraný materiál dále postupuje z obou těchto hlavních skladů do meziskladů v blízkosti jednotlivých pracovišť a to ve zvláštních přepravkách, do nichž je možno umístit až obsah 24 malých nebo 9 velkých vysouvacích zásuvek.

Systém toku materiálu *5* přepravuje přepravky o rozměrech 40 × 60 cm různé vý-

spoji ke zkoušení, jak elektrickému, tak mechanickému. Zkoušení je zabezpečeno zkoušecími automaty.

Zkraje bylo řečeno, že celá továrna je řízena počítači – přesněji by bylo třeba dodat, že počítače zabezpečují vývoj, konstrukci, plán výroby i vlastní výrobu při dodržení všech požadavků na jakost a potřeby zákazníků, počítače na základě analýzy jednotlivých vzorků přístrojů a jednotlivých desek s plošnými spoji určují průchod materiálu továrnou, nejefektivnější způsob montáže, elektrických zkoušek, způsoby, jak zabezpečit maximální jakost při výrobě a dodávkách, samozřejmě také potřebné zásoby součástek a jejich včasné doplňování apod.

Důsledkem všech opatření ve výrobě a použitých strojů a přístrojů je pak podstatné snížení výrobních nákladů, podstatné zvýšení jakosti výroby i zkrácení doby dodávek přístrojů – elektronická přesnost při optimálním přizpůsobení výroby potřebám a požadavkům trhu.

Další bližší informace by bylo možno získat v časopisu firmy Rohde a Schwarz „Neues von Rohde und Schwarz", č. 85/1979 (Samočinné osazování desek s plošnými spoji), č. 103/1983 (Výroba přístrojů v Memmingen) a č. 80/1077–78 (Příklad výroby SMDU). Fotografie některých vybraných pracovišť z nové továrny jsou ve stejném časopisu v č. 124/1988–89.

INTEGROVANÉ OBVODY ZEMÍ RVHP — VII —

Vítězslav Stříž

Analogové integrované obvody nacházejí uplatnění ve všech oborech elektroniky, měřicí, regulační, automatizační techniky, rozhlasové a televizní techniky a dalších oborech. Jsou však i nezbytnou součástkou techniky číslicové. Díky dobře propracovanému systému integrace tranzistorů, diod a rezistorů na společném čipu se daří vyrábět jak jednoúčelové, tak víceúčelové integrované obvody, jejichž konstrukce z jednotlivých součástek by byla rozměrná, nákladná, v provozu méně spolehlivá, v některých případech i vůbec nemožná. Následující popisy jsou věnovány výkladu činnosti a praktickému použití bipolárních analogových komparátorů a operačních zesilovačů, vyráběných výrobci polovodičových součástek v zemích RVHP a Jugoslávii.

Rychlé napěťové komparátory řady 710

Integrované rychlé napěťové diferenční komparátory řady 710 jsou vyvinuty speciálně s ohledem na slučitelnost s logickými číslicovými obvody. Zesilovač s těmito obvody může rozeznávat porovnávací napětí s rozdílem 5 mV. Doba zpoždění přenosu signálu nebo doba zákmitu obvodů je asi 40 ns.

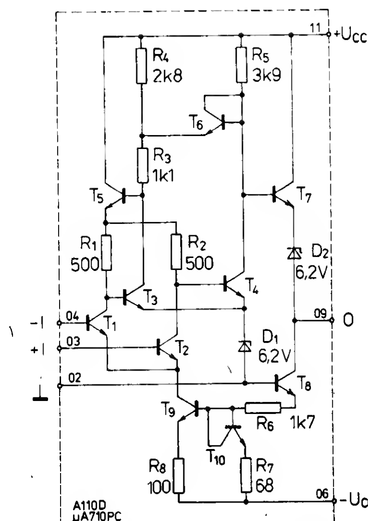
Základní funkcí popisovaných součástek je porovnávat přiváděný signál s referenčním napětím. Výstupní napětí komparátoru má úroveň 0 nebo logické 1 a to podle toho, přivádíme-li na jeho vstup signál větší nebo menší než je velikost referenčního napětí. Integrované komparátory řady 710 jsou vhodné rovněž jako Schmittovy klopné obvody s proměnným prahovým napětím, jako diskriminátory velikosti impulsů, jako napěťové komparátory v rychlých analogově-číslicových převodnících a jako detektory nuly nebo prahového napětí.

Se dvěma nebo několika popisovanými komparátory je možné sestrojit fázový detektor, okénkový diskriminátor nebo čtecí zesilovač pro jádrové paměti. Komparátory pracují s velmi malou dobou odezvy, vyznačují se malou vstupní napěťovou a proudovou nesymetrií a mohou pracovat s velkým přípustným soufázovým vstupním napětím.

Protože napěťové komparátory řady 710 vyrábějí prakticky všechny státy RVHP mimo ČSSR, platí následující informace o popisu funkce, o vlastnostech a použití pro všechny tyto součástky, ať jsou označeny jakýmkoli typovým označením. Rozdíl mezi komparátory jednotlivých výrobců však existuje a to jak v udávaných elektrických vlastnostech, tak i vnějším provedení. Proto jsou uvedeny v samostatných tabulkách elektrické údaje jednotlivých typů podle výrobců. Funkce všech uvedených součástek je stejná, proto jsou do jisté míry zaměnitelné (někdy však s potřebnými úpravami pracovního zapojení).

Popis funkce

Vnitřní elektrické zapojení komparátorů řady 710 všech výrobců, ať jsou jakkoli typově označeny, je na obr. 1. Na vstupu komparátoru použili konstruktéři obvodu diferenční stupeň, který je tvořen tranzistory T_1 a T_2. Emitory tranzistorů vstupního stupně se napájejí ze zdroje konstantního proudu (tranzistor T_9), čímž se dosáhlo nezávislosti součtu kolektorových proudů tranzistorů T_1 a T_2



Obr. 1. Vnitřní elektrické zapojení rychlého komparátoru A110D, B110D, µA710PC, ULY7710N a dalších řady 710 v pouzdru DIL-14

na vstupním napětí (např. na referenčním napětí). Rovněž druhý stupeň komparátoru je vytvořen diferenčním zapojením tranzistorů, kterým se zlepšuje klidový proud, napětí a vstupní symetrie. Vlastní zesilovací stupeň je vytvořen tranzistorem T_4, zatím co tranzistor T_3 slouží k symetrickému zatížení prvního stupně a jako obraceč fáze signálu na výstupu tranzistoru T_1. Tím se přenáší plné diferenční zesílení na tranzistor T_4. Podobné řešení se používá rovněž u známých operačních zesilovačů řady 709 (obdoba TESLA MAA501 až MAA504).

Rezistory R_1 a R_2 jsou v obvodech kolektorů tranzistorů prvního stupně, R_5 druhého stupně. Tranzistorem T_5 protéká kolektorový proud vstupního stupně. Tím je kompenzován proud báze druhého stupně (tranzistoru T_3). Tranzistor T_6 působí jako omezovací dioda kladných výstupních signálů.

K výstupu tranzistoru T_4 je připojen emitorový sledovač s tranzistorem T_7. Účelem tohoto spojení je dosáhnout velkého výstupního proudu. Zenerova dioda D_1 v emitorech tranzistorů T_3 a T_4 druhého stupně umožňuje velký rozsah vstupního napětí. Další Zenerova dioda D_2 slouží k posunutí úrovně výstupního napětí natolik, aby bylo slučitelné s úrovní logických obvodů běžných řad. Tranzistor T_8 izoluje výstup kompenzační diody T_{10}, která je nutná k zajištění konstantního proudu tranzistoru T_9.

Tranzistor T_{10}, zapojený jako dioda, kompenzuje napětí báze-emitor tranzistoru T_9 a umožňuje vytvořit malý napěťový úbytek na emitorovém rezistoru R_8. Tím se rozšíří rozsah záporného vstupního napětí.

Napěťový komparátor se tedy skládá ze symetrického diferenčního stupně s velkým zesílením a asymetrickým výstupem, jehož napěťová úroveň je zvolena tak, aby se napětím mohlo vybudit následující logické zapojení.

Další text je věnován symetrii vnitřního zapojení IO a možnostem zanedbání vlivů rozptylu elektrických parametrů a kolísání pracovní teploty komparátoru. Základním předpokladem rozboru je co nejmenší relativní tolerance všech použitých rezistorů a dále co nejpřesnější párování tranzistorů i přesnost Zenerových diod. Následující přiblížení platí u komparátorů v celém zaručovaném širokém rozsahu teplot okolí.

Dále předpokládáme, že proudové zesílení tranzistorů je tak velké, že můžeme zanedbat proud báze. Přesná analýza ukazuje, že proud báze nemá vliv, jsou-li tranzistory dobře párovány a je-li jejich proudové zesílení větší než 10.

Je-li rozdíl vstupního napětí nulový (např. je-li napětí přivedeného signálu stejné jako referenčního napětí), jsou kolektorové proudy tranzistorů T_1 a T_2 stejně velké, protože jde o identické tranzistory, které mají stejné napětí báze-emitor. Proud kolektoru tranzistoru T_3 lze určit ze vztahu

$$I_{C3} = \frac{U_+ - U_Z - \frac{1}{2} I_{C9} R_1 - 2U_{BE}}{R_3 + R_4} \quad (1),$$

analogicky proud kolektoru tranzistoru T_4

$$I_{C4} = \frac{U_+ - U_Z - U_{BE} - U_2}{R_5} \quad (2),$$

kde U_2 je výstupní napětí, U_+ kladné napájecí napětí (odpovídá $+U_{CC}$).

Ve vyváženém stavu, kdy jsou oba proudy stejné, platí rovnost obou vztahů

$$I_{C3} = I_{C4} \quad (3).$$

Dosadíme-li do vztahu (3) podmínku $R_3 + R_4 = R_5$, dostaneme

$$U_2 = U_{BE} + \frac{1}{2} I_{C9} R_1 \quad (4).$$

Nyní je potřebné určit proud kolektoru tranzistoru T_9. V kompenzovaném děliči báze tranzistoru T_9 můžeme určit proud tranzistoru T_{10} podle

$$I_{C10} = (U_- - 2U_{BE}) / (R_6 + R_7) \quad (5).$$

Proud kolektoru tranzistoru T_9 je dán

$$I_{C9} = \frac{R_7}{R_8} I_{C10}$$

nebo též

$$I_{C9} = \frac{R_7}{R_8} \frac{U_- - 2U_{BE}}{R_6 + R_7} \quad (6).$$

Rovnici (6) dosadíme do rovnice (4), čímž dostaneme

$$U_2 = U_{BE} + \frac{R_1 R_7}{2R_8} \frac{U_- - 2U_{BE}}{R_6 + R_7} \quad (7).$$

Dosadíme-li nyní do tohoto vztahu hodnoty součástek z vnitřního elektrického zapojení obvodu podle obr. 1, dostaneme:

$$U_2 = 0{,}8U_{BE} + 0{,}16U_- \quad (8).$$

Výsledkem je jmenovité výstupní napětí 1,4 V při napájecím napětí $-U_{CC} = -6$ V a nulovém vstupním napětí.

Uvedená velikost výstupního napětí je nejbližší napětím, která jsou běžná u většiny

standardních logických zapojení (mezi 0,7 V a 1,7 V). Přesné výstupní napětí je důležité jen jako druhořadý parametr, protože napěťové zesílení komparátoru se pohybuje okolo jmenovité velikosti 1500 a rozdíl mezi prahovým napětím 1,4 V a 0,7 V odpovídá ekvivalentnímu komparačnímu prahovému napětí 0,5 mV.

Ze vztahu (8) můžeme dále odvodit, že výstupní napětí bez řízení vstupem závisí na velikosti záporného napájecího napětí $-U_{CC}$.

Jestliže diferencuje vztah (8) napájecím napětím $-U_{CC}$, dostaneme

$$\Delta U_2 = 0{,}16\ \Delta U_- \qquad (9).$$

Odtud můžeme konstatovat, že dovolená změna napájecího napětí $-U_{CC}$ o 10 % vyvolá ekvivalentní vstupní napěťovou nesymetrii 65 µV (při předpokládaném středním napěťovém zesílení komparátoru 1500). Technologickým postupem výroby komparátoru způsobený rozptyl napětí báze-emitor U_{BE} ve vztahu (8) je pouze asi 20 µV, proto jej můžeme v naší úvaze zanedbat.

Dosud jsme předpokládali, že relativní tolerance všech rezistorů použitých v systému komparátoru je minimální. Tento předpoklad nelze v praxi během výroby IO dodržet s požadovanou přesností. V tab. 1 je názorně ukázán vliv tolerance 10 % jednotlivých rezistorů na vstupní napěťovou nesymetrii. Z toho můžeme odvodit, že největší vliv na nesymetrii má rovnost rezistorů R_1 a R_2. Odchylka 10 % odporu rezistorů způsobí napěťovou nesymetrii 2,5 mV.

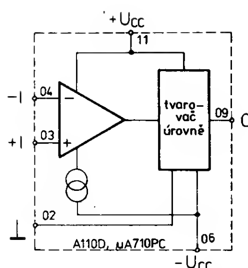
Tab. 1. Vliv zmenšení odporu rezistorů o 10 % v systému komparátoru na změnu vstupní napěťové nesymetrie komparátorů řady 710

Rezistor	Jmenovitý odpor [Ω]	Změna napěťové nesymetrie [V]
R_1	500	+2,4
R_2	500	−2,4
R_4	3900	−0,24
R_5	3900	+0,04
R_6	1600	+0,05
R_7	68	−0,05
R_8	100	+0,05

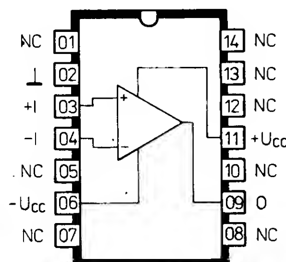
V důsledku poměrné přesnosti výrobních operací u analogových integrovaných obvodů vycházíme z odchylky pouze 2 % od jmenovitého odporu rezistorů, která vyvolá napěťovou nesymetrii asi 0,5 mV. Takto veliké napětí není rozhodující pro přesnou funkci komparátoru.

Stejným způsobem je možno prokázat, že proudové zesílení tranzistorů nemá žádný velký vliv s výjimkou obou vstupních tranzistorů, které při špatném párování mohou způsobit zvětšení vstupní proudové nesymetrie. Je třeba ještě posoudit, jaký vliv má teplota na velikost výstupního napětí.

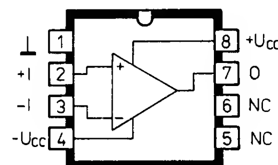
Ze vztahů (7) a (8) lze usoudit, že jediným teplotně závislým parametrem je napětí



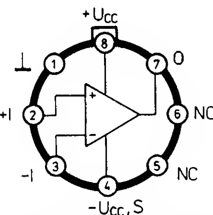
Obr. 2. Funkční skupinové zapojení rychlého komparátoru A110D, B110D, µA710PC, ULY7710N; číslování vývodů platí pouze pro součástky v plastovém pouzdru DIL-14



Obr. 3. Zapojení vývodů rychlého komparátoru A110D, B110D, µA710PC, µA710PCE, µA710, ULA6710N, ULY7710N, IL710S, K554SA2



Obr. 4. Zapojení vývodů komparátorů ULY7710NA



Obr. 5. Zapojení vývodů komparátorů IL710M, K521CA2 v pouzdru TO-99

báze-emitor U_{BE}, protože odpory rezistorů zůstávají konstantní i při značných změnách teploty. Absolutní tolerance odporu rezistorů nehraje žádnou rozhodující úlohu, proto ji můžeme zanedbat. Teplotní závislost výstupního napětí U_2 je nastavena tak, aby bylo částečně kompenzováno teplotně závislé prahové napětí logického obvodu. U logických obvodů nemá změna prahového napětí zpravidla žádný větší význam, proto dříve popsaný průběh rovněž nemá rozhodující význam. Je-li potřebné zlepšit vlastnosti komparátoru řady 710, lze použít kompenzaci.

Elektrické vlastnosti komparátorů řady 710

Přehled dostupných komparátorů řady 710 ze zemí RVHP je v tab. 2. Mají různě upravená typová označení, jejich funkce je však stejná. Jednotlivé typy komparátorů se v mnoha elektrických parametrech dosti odlišují, někteří výrobci uvádějí jen pro ně nejvhodnější parametry, jinak je definují či zaručují. Proto krátce popisujeme jejich vlastnosti jako doplněk elektrických údajů v tabulkách.

Komparátory A110D, B110D

Na našem trhu jsou to nejdostupnější součástky, vyráběné podnikem VEB Halbleiterwerk Frankfurt/O v NDR. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14 s 2× sedmi vývody ve dvou řadách. Elektrické údaje obou komparátorů jsou v tab. 3. Tyto údaje doplňují grafické závislosti na obr. 6 až 14; těch lze využít jako směrných informací při použití všech ostatních popsaných komparátorů řady 710. Vývody obou komparátorů jsou zapojeny podle obr. 3.

Před časem se na našem trhu běžně prodávaly komparátory označené A110C a B110C, dovážené od stejného výrobce z NDR. Jejich elektrické vlastnosti jsou stejné jako u A110D, B110D. Rozdíl je pouze v použitém pouzdru, které je u jmenovaných starších komparátorů keramické. Vnější rozměry jsou přibližně stejné, zapojení vývodů je shodné s novými typy (obr. 3).

Komparátory ULY7710N, ULY7710NA, ULA6710N

Polský výrobce Unitra-CEMI vyrábí tři provedení komparátorů řady 710. Základní typ, ULY7710N, je určen pro všeobecné použití a je obdobný typu A110D pro práci v rozsahu teplot od 0 do +70 °C. Druhé provedení, ULY7710NA, má stejné elektrické vlastnosti jako předchozí typ, je však ve zkráceném pouzdru DIL-8 z plastů, které šetří místo na desce s plošnými spoji při zachování všech vlastností základního typu. Zapojení vývodů je na obr. 4. Třetí provedení, ULA6710N, je určeno pro práci v rozšířeném rozsahu provozních teplot od −40 do +85 °C, má zpřísněné hranice kritických veličin, proto je tento komparátor určen pro náročná použití v prů-

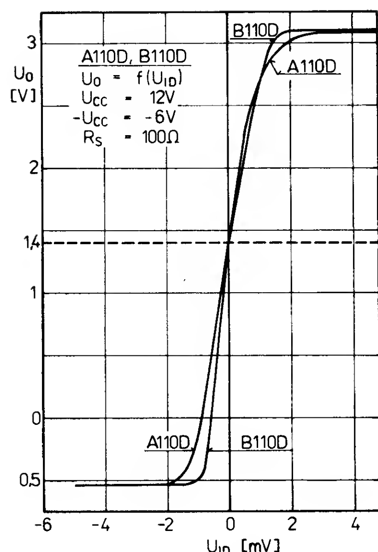
Tab. 2. Přehled komparátorů řady 710 podle jednotlivých výrobců v zemích RVHP

Typ	Výrobce	Rozsah provozních teplot	Pouzdro	Zapojení vývodů na obr.
A110D	VEB HFO, NDR	A	DIL-14	3
B110D	VEB HFO, NDR	B	DIL-14	3
IL710M	RIZ, SFRJ	D	TO-99	5
IL710S	RIZ, SFRJ	A	DIL-14	3
ULA6610N	Unitra-CEMI, PLR	C	DIL-14	3
ULY7710N	Unitra-CEMI, PLR	A	DIL-14	3
ULY7710NA	Unitra-CEMI, PLR	A	DIL-8	4
µA710	Ei, Niš	A	DIL-14	3
µA710PC	MEV, MLR	A	DIL-14	3
µA710PCE	MEV, MLR	B	DIL-14	3
K521CA2	SSSR	C	TO-99	5
K554CA2	SSSR	C	DIL-14	3

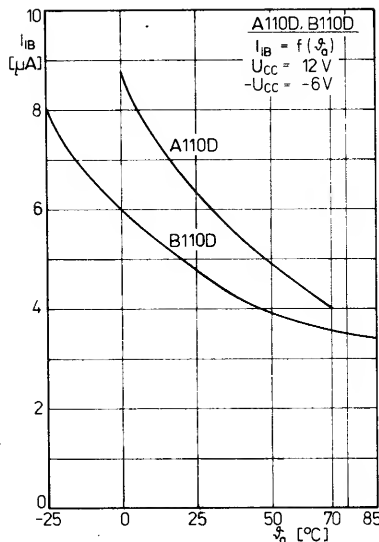
Rozsah provozních teplot okolí:
A: 0 až +70 °C, B: −25 až +85 °C, C: −40 až +85 °C, D: −55 až +125 °C.

Tab. 3. Elektrické údaje A110D, B110D (dokončení na str. 85)

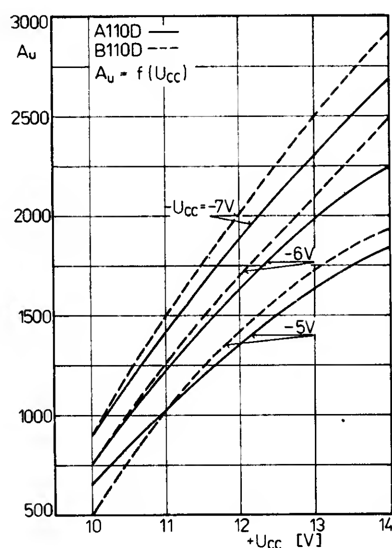
Mezní údaje Platí v celém rozsahu provozních teplot.	
Napájecí napětí kladné:	$U_{CC1} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:	$U_{CC2} \geqq -7$ V.
Vstupní napětí soufázové:	$U_C = -7$ až $+7$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_D = -5$ až $+5$ V.
Výstupní proud:	$I_O \leqq 10$ mA.
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} \leqq 300$ mW.
Rozsah provozních teplot[1])	
A110D:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
B110D:	$\vartheta_a = -25$ až $+85$ °C.
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -55$ až $+125$ °C.



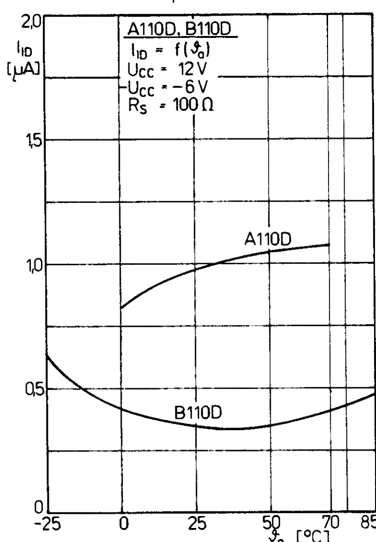
Obr. 6. Přenosová charakteristika komparátorů řady 710



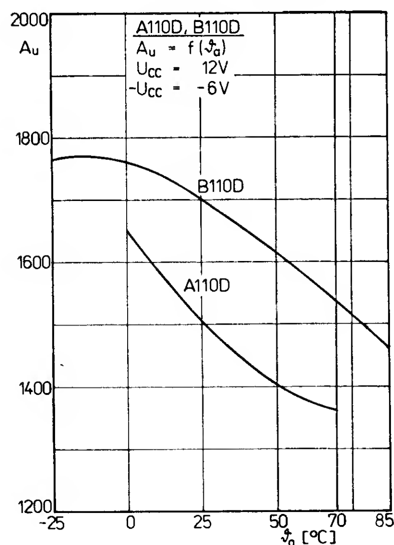
Obr. 9. Závislost vstupní proudové nesymetrie komparátorů A110D na teplotě okolí



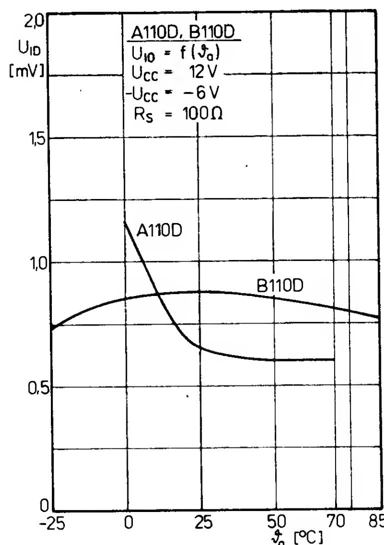
Obr. 7. Napěťové zesílení v závislosti na napájecím napětí komparátorů A110D, B110D (čárkované průběhy)



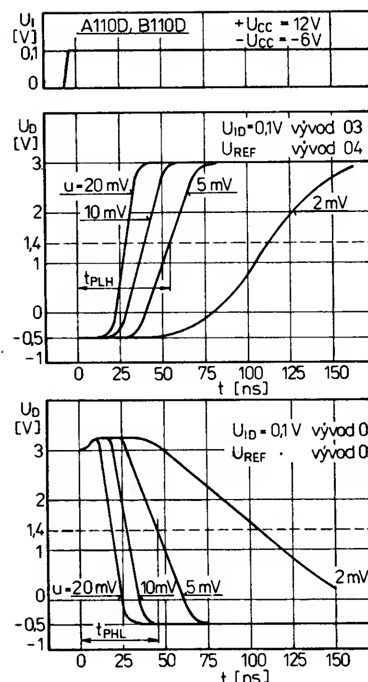
Obr. 10. Závislost vstupní proudové nesymetrie komparátorů A110D, B110D na teplotě okolí



Obr. 8. Napěťové zesílení v závislosti na teplotě okolí komparátorů A110D, B110D



Obr. 11. Závislost vstupní napěťové nesymetrie komparátorů A110D, B110D na teplotě okolí



Obr. 12. Doba zpoždění průchodu signálu komparátorů A110D, B110D; v horní části obrázku při funkci s kladným funkčním skokem 100 mV, v dolní části obrázku se záporným funkčním skokem

myslové, výpočetní a speciální elektronice. Elektrické údaje komparátorů jsou v tab. 4.

Komparátory μA710PC, μA710PCE

Dva typy napěťových komparátorů μA710PC a μA710PCE vyrábí maďarský výrobce polovodičových součástek Mikroelektronikai Vállalat (MEV), nástupce dřívějšího podniku Tungsram. Oba komparátory jsou v plastovém pouzdru DIL-14, jejich elektrické údaje jsou uvedeny v tab. 5, zapojení vývodů na obr. 3. Rozdíl mezi oběma typy spočívá v dovoleném rozsahu provozních teplot, μA710PC je určen pro práci v teplotním rozsahu 0 až +70 °C, μA710PCE v rozsahu od −25 až +85 °C.

Komparátory μA710

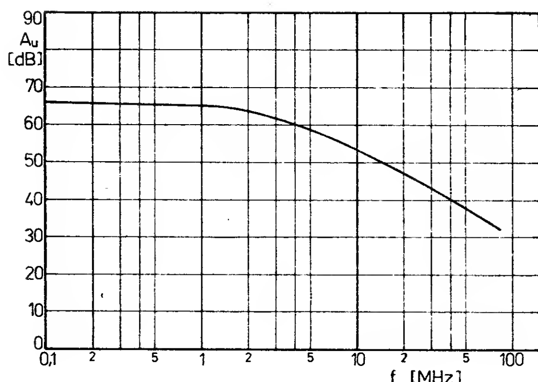
Dalším výrobcem komparátorů 710 je jugoslávský výrobce Elektronska industria (Ei) v Niši, SFRJ. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14, elektrické údaje jsou v tab. 6, zapojení vývodů na obr. 3.

Komparátory IL710M, IL710S

Druhý, dobře známý jugoslávský výrobce polovodičových součástek, RIZ Tvornica Poluvodiča v Zagrebu, vyrábí komparátory 710 v plastovém pouzdru DIL-14 s označením IL710S se zapojením vývodů podle obr. 3, a v kovovém pouzdru TO-99 s osmi drátovými vývody ve skleněné průchodce s označením IL710M a zapojením vývodů podle obr. 5. Typ IL710S je určen pro běžná, méně náročná zapojení, pracující v rozsahu teplot od 0 do +70 °C, IL710M pro náročná, speciální zapojení v rozsahu teplot od −55 do +125 °C. Tento typ má navíc velmi zúžené hranice kritických veličin. Elektrické údaje jsou v tab. 7.

Komparátory K521SA2, K554SA2

Závody na výrobu integrovaných obvodů v Sovětském svazu vyrábějí napěťový komparátor řady 710 pod označením K554SA2 v plastovém pouzdru DIL-14 se zapojením vývodů podle obr. 3. Před nedávnou dobou vyráběli tentýž komparátor v kovovém pouzdru přibližně typu TO-99 s osmi drátovými vývody ve skleněné průchodce a zapojením vývodů podle obr. 5. Tento typ se nadále nevyrábí, bývá však v různých výprodejích součástek a nachází se v celé řadě doveze-



Obr. 13. Informativní závislost zesílení otevřené smyčky na pracovním kmitočtu komparátorů řady 710

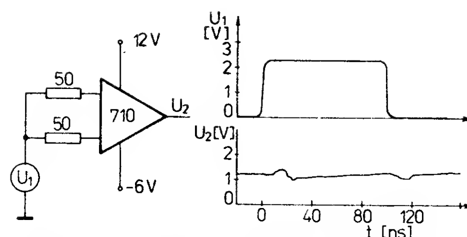
ných přístrojů. Elektrické údaje obou typů komparátorů jsou stejné a jsou v tab. 8.

Zapojení vývodů komparátorů na obr. 3, 4 a 5 jsou mezinárodně normalizovaná zapojení komparátorů řady 710. Takto zapoje-

Pokračování tab. 3

Charakteristické údaje *Statické údaje* Platí při ϑ_a = 25 °C ±5 K, U_{CC1} = +12 V, U_{CC2} = −6 V	
Vstupní napěťová nesymetrie R_S = 100 Ω, U_O = 1,4 V	A110D: U_{IO} = jmen. 1,2; ≦ 7,5 mV, B110D: U_{IO} = jmen. 1,0; ≦ 5,0 mV;
R_S = 100 Ω, ϑ_a = 0 až 70 °C R_S = 100 Ω, ϑ_a = −25 až +85 °C	A110D: U_{IO} ≦ 10 mV, B110D: U_{IO} ≦ 10 mV.
Teplotni součinitel vstupní napěťové nesymetrie ϑ_{a1} = −25 °C, ϑ_{a2} = +85 °C,	B110D: $\Delta U_{IO}/\Delta\vartheta_a$ = jmen. 2,9; ≦ 20 µV/K.
Vstupní proudová nesymetrie U_O = 1,4 V	A110D: I_{10} = jmen. 1,5; ≦ 15 µA, B110D: I_{IO} = jmen. 1,0; ≦ 5 µA;
U_O = 1,4 V, ϑ_a = 0 až +70 °C U_O = 1,4 V, ϑ_a = −25 až +85 °C	A110D: I_{IO} ≦ 20 µA, B110D: I_{IO} ≦ 20 µA.
Vstupní klidový proud U_O = 1,4 V	A110D: I_{IB} = jmen. 18; ≦ 100 µA, B110D: I_{IB} = jmen. 11; ≦ 25 µA;
U_O = 1,4 V, ϑ_a = 0 až +70 °C U_O = 1,4 V, ϑ_a = −25 až +85 °C	A110D: I_{IB} ≦ 150 µA, B110D: I_{IB} ≦ 150 µA.
Výstupní odpor U_O = 1,4 V	A110D: R_O = jmen. 190 Ω, B110D: R_O = jmen. 160 Ω.
Výstupní napětí – úroveň H U_{ID} = 10 mV, I_{OH} = −5 mA	A110D: U_{QH} = jmen. 2,9; ≧ 2,5 V, B110D: U_{OH} = jmen. 3,0 ≧ 2,5 V;
U_{ID} = 2,5 V, I_{OH} = −5 mA	A110D: U_{OH} = jmen. 2,6 V, B110D: U_{OH} = jmen. 2,8 V.
Výstupní napětí – úroveň L U_{ID} = 10 mV, I_{OL} = 1,6 mA U_{ID} = 10 mV, I_{OL} = 2,0 mA U_{ID} = 2,5 V, I_{OL} = 1,6 mA U_{ID} = 2,5 V, I_{OL} = 2,0 mA	 A110D: U_{OL} = jmen. −0,4; ≦ 0 V, B110D: U_{OL} = jmen. −0,36; ≦ 0 V, A110D: U_{OL} = jmen. −0,42 V, B110D: U_{OL} = jmen. −0,38 V.
Napěťové zesílení otevřené smyčky ΔU_0 = 2 V, R_S = 100 Ω, R_L = ∞	A110D: A_{u0} = jmen. 1500; ≧ 750, B110D: A_{U0} = jmen. 1700; ≧ 1000,
ϑ_a = 70 °C ϑ_a = 85 °C	A110D: A_{u0} = jmen. 1350, B110D: A_{u0} = jmen. 1450.
Potlačení soufázovosti R_S = 100 Ω, ΔU_I = 10 V	A110D: CMR = jmen. 100; ≧ 70 dB, B110D: CMR = jmen. 105; ≧ 70 dB.
Napájecí proud U_O = 0 V	A110D: I_{cc1} = jmen. 5,0; 3 až 9 mA, A110D: I_{cc2} = jmen. 3,4; 2 až 7 mA, B110D: I_{CC1} = jmen. 5,5; 3 až 9 mA, B110D: I_{CC2} = jmen. 3,7; 2 až 7 mA.
Dynamické údaje Platí při ϑ_a = 25 °C −5 K, U_{CC1} = +12 V, U_{CC2} = −6 V	
Doba zpoždění průchodu signálu U_{ID} = 100 mV, u = 5 mV, R_L = 2 kΩ[2])	A110D: t_{PLH} = jmen. 53 ns, A110D: t_{PHL} = jmen. 44 ns, B110D: t_{PLH} = jmen. 55 ns, B110D: t_{PHL} = jmen. 47 ns.

1) Součástky jsou použitelné v uvedeném rozsahu provozních teplot s ohledem na teplotní závislost charakteristických údajů v předpokládaném zapojení.
2) u – přebuzení.



Obr. 14. Chování komparátorů řady 710 (průběh výstupního napětí) po přivedení soufázového vstupního impulsu

Tab. 4. Elektrické údaje komparátorů ULY7710N, ULY7710NA, ULA6710N

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné: Napájecí napětí záporné: Výstupní proud vrcholový: Vstupní napětí soufázové: Vstupní napětí diferenční: Ztrátový výkon celkový: Rozsah pracovních teplot okolí ULY7710N, ULY7710NA: ULA6710N: Rozsah skladovacích teplot:	$+U_{CC}$ ≦ +14 V. $-U_{CC}$ ≧ −7 V. I_{OM} ≦ 10 mA. U_I = −7 až +7 V. U_{ID} = −5 až +5 V. P_{tot} ≦ 300 mW. ϑ_a = 0 až +70 °C, ϑ_a = −40 až +85 °C. ϑ_{stg} = −55 až +125 °C.
Charakteristické údaje ULY7710N, ULY7710NA, ULA6710N Platí při ϑ_a = +25 °C, $+U_{CC}$ = 12 V, $-U_{CC}$ = 6 V, není-li uvedeno jinak. ULY7710N, ULY7710NA: U_O = 1,5 V při ϑ_a = 0 °C, U_O = 1,4 V při ϑ_a = +25 °C, U_O = 1,2 V při ϑ_a = +70 °C. ULA6710N: U_O = 1,8 V při ϑ_a = −40 °C, U_O = 1,4 V při ϑ_a = +25 °C, U_O = 1,0 V při ϑ_a = +85 °C.	
Vstupní napěťová nesymetrie R_S = 200 Ω ϑ_a = 0 až +70 °C	 ULY7710N, NA: U_{IO} = jmen. 1,6; ≦ 5,0 mV, ULY7710N, NA: U_{IO} ≦ 6,5 mV, ULA6710N: U_{IO} = jmen. 0,6; ≦ 2,0 mV,
ϑ_a = −40 až +85 °C	ULA6710N: U_{IO} ≦ 3 mV.
Vstupní proudová nesymetrie ϑ_a = 0 až +70 °C	ULY7710N, NA: I_{IO} = jmen. 1,8; ≦ 5,0 µA, ULY7710N, NA: I_{IO} ≦ 7,5 µA, ULA6710N: I_{IO} = jmen. 0,75; ≦ 3 µA,
ϑ_a = +85 °C ϑ_a = −40 °C	ULA6710N: I_{IO} = jmen. 0,25; ≦ 3 µA, ULA6710N: I_{IO} = jmen. 1,8; ≦ 7 µA.
Vstupní klidový proud ϑ_a = 0 °C	ULY7710N, NA: I_{IB} = jmen. 16; ≦ 25 µA, ULY7710N, NA: I_{IB} = jmen. 25; ≦ 40 µA, ULA6710N: I_{IB} = jmen. 13; ≦ 20 µA,
ϑ_a = −40 °C	ULA6710N: I_{IB} = jmen. 27; ≦ 45 µA.
Napěťové zesílení otevřené smyčky ΔU_0 = 1,2 V (U'_O = 0,8 V, U'_O = 2 V) ϑ_a = 0 až +70 °C	 ULY7710N, NA: A_u = jmen. 1,5; ≧ 1 V/mV, ULY7710N, NA: A_u ≧ 0,8 V/mV, ULA6710N: A_u = jmen. 1,25; 1,25 až 1,7 V/mV.
ϑ_a = −40 až +85 °C	ULA6710N: A_u ≧ 1,0 V/mV.
Výstupni proud U_I ≦ −10 mV, U_O = 0 V	ULY7710N, NA: $-I_{OS}$ = jmen. 2,5; ≧ 1,6 mA, ULA6710N: $-I_{OS}$ = jmen. 2,5; ≧ 2,0 mA,
ϑ_a = −40 °C ϑ_a = +85 °C	ULA6710N: $-I_{OS}$ = jmen. 2,3; ≧ 1,0 mA, ULA6710N: $-I_{OS}$ = jmen. 1,7; ≧ 0,5 mA.
Napájecí proud z kladného zdroje U_O ≦ 0 V:	$+I_{CC}$ = jmen. 5,2; ≦ 9 mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje U_O = 0 V, U_{I-} = +10 mV:	$-I_{CC}$ = jmen. 4,6; ≦ 7 mA.
Výstupní napětí – úroveň H U_I ≧ 10 mV, I_O = −5 mA až 0 mA:	U_{OH} = jmen. 3,2; 2,5 až 4 V.
Výstupní napětí – úroveň L U_I ≦ −10 mV:	U_{OL} = jmen. −0,5; −1 až 0 V.
Rozsah vstupního napětí $-U_{CC}$ = −7 V:	U_{IM} ≦ −5 až +5 V.
Výstupni odpor:	R_O = jmen. 200 Ω.
Doba zpoždění průchodu signálu:	t_{PLH} = jmen. 40 ns.
Potlačení soufázového signálu R_S ≦ 200 Ω:	CMR = jmen. 98; ≧ 70 dB, ULA6710N: CMR = jmen. 100; ≧ 80 dB.

Tab. 5. Elektrické údaje µA710PC, µA710PCE

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:[1])	$U_{CC1} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:[1])	$U_{CC2} \geqq -7$ V.
Výstupní proud vrcholový:	$I_{OM} \leqq 10$ mA.
Vstupní napětí souřázové:	$U_{IC} = -7$ až +7 V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až +5 V.
Ztrátový výkon celkový	
$\vartheta_a \leqq 70$ °C:	$P_{tot} = 670$ mW,
Rozsah provozních teplot	
µA710PC:	$\vartheta_a = 0$ až +70 °C,
µA710PCE:	$\vartheta_a = -25$ až +85 °C.
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -55$ až +125 °C.
Teplota vývodů při pájení, $t \leqq 10$ s:	$\vartheta_L = 260$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $U_{CC1} = +12$ V, $U_{CC2} = -6$ V.	
Vstupní napěťová nesymetrie[2])	
$R_S \leqq 200\ \Omega$:	U_{IO} = jmen. 1,6; ≦ 5 mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	I_{IO} = jmen. 1,8; ≦ 5 µA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 16; ≦ 25 µA.
Napěťové zesílení:	A_{UO} = jmen. 1500; ≧ 1000.
Výstupní odpor:	R_O = jmen. 200 Ω.
Výstupní proud	
$\Delta U_I = 5$ mV, $U_O = 0$ V:	$-I_{OS}$ = jmen. 2,5; ≧ 1,6 mA.
Doba zpoždění průchodu signálu	
$\Delta U_I = 100$ mV, $u = 5$ mV:	t_{PLH} = jmen. 40 ns.
Platí při $\vartheta_a = 0$ až +70 °C	
Vstupní napěťová nesymetrie, $R_S \leqq 200\ \Omega$	
µA710PC:	$U_{IO} \leqq 7{,}5$ mV,
µA710PCE:	$U_{IO} \leqq 6{,}5$ mV.
Střední teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie	
$R_S = 50\ \Omega$, $\vartheta_a = 0$ až +70 °C:	$U_{IO}/\Delta\vartheta_a$ = jmen. 5; ≦ 20 µV/K.
Vstupní proudová nesymetrie:	$I_{IO} \leqq 7{,}5$ µA.
Střední teplotní součinitel vstupní proudové nesymetrie	
$\vartheta_a = 0$ až +70 °C:	$I_{IO}/\Delta\vartheta_a$ = jmen. 15; ≦ 50 nA/K,
$\vartheta_a = 25$ až 0 °C:	$I_{IO}/\Delta\vartheta_a$ = jmen. 24; ≦ 100 nA/K.
Vstupní klidový proud	
$\vartheta_a = 0$ °C:	I_{IB} = jmen. 25; ≦ 40 µA.
Rozsah vstupního napětí	
$U_{CC2} = -7$ V:	$U_I \geqq \pm 5$ V.
Potlačení souřázovosti	
$R_S \leqq 200\ \Omega$:	CMR = jmen. 98; ≧ 70 dB.
Rozsah vstupního diferenčního napětí:	$U_{ID} \geqq +5$ V.
Napěťové zesílení:	$A_{UO} \geqq 800$.
Výstupní napětí – úroveň H	
$\Delta U_{ID} \geqq 5$ mV, $I_O = 0$ až 5 mA:	U_{OH} = jmen. 3,2; 2,5 až 4 V.
Výstupní napětí – úroveň L	
$U_{ID} \geqq 5$ mV:	U_{OL} = jmen. −0,5; −1 až 0 V.
Výstupní proud	
$U_{ID} \geqq 5$ mV, $U_O = 0$ V:	$-I_{OS} \geqq 0{,}5$ mA.
Napájecí proud z kladného zdroje	
$U_O \leqq 0$ V:	I_{CC1} = jmen. 5,2; ≦ 9 mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje	
$U_O = 0$ V, invertující vstup +5 mV:	I_{CC2} = jmen. 4,6; ≦ 7 mA.
Příkon	
$U_O = 0$ V, invertující vstup +10 mV:	P = jmen. 90; ≦ 150 mW.

1. Napětí se vztahuje vůči zemnicímu vývodu.
2. Vstupní napěťová nesymetrie a vstupní proudová nesymetrie jsou definovány pro logická napětí: 0 °C 1,5 V, při 25 °C 1,4 V, při +70 °C 1,2 V.

Tab. 6. Elektrické údaje komparátoru µA710 výrobce Ei

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC} \geqq -7$ V.
Výstupní proud vrcholový:	$I_{OM} \leqq 10$ mA.
Vstupní napětí:	$U_I = -7$ až +7 V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až +5 V.
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} \leqq 670$ mW.
Rozsah pracovních teplot okolí:	$\vartheta_a = 0$ až +70 °C.
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -65$ až +150 °C.
Teplota vývodů během napájení:	$\vartheta_L \leqq 300$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $+U_{CC} = 12$ V, $-U_{CC} = -6$ V	
Vstupní napěťová nesymetrie:	$U_{IO} \leqq 5{,}0$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	$I_{IO} \leqq 7{,}5$ µA.
Vstupní klidový proud:	$I_{IB} \leqq 40$ µA.
Teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie:	$TK_{UIO} \leqq 5{,}0$ µV/K.
Napěťový zisk:	$A_{UO} \geqq 0{,}8$ V/mV.
Rozsah vstupního napětí:	$U_I = -5$ až +5 V.
Rozsah vstupního diferenčního napětí:	$U_{ID} = -5$ až +5 V.
Výstupní napětí – úroveň L:	$U_O = -0{,}5$ až −3,2 V.
Doba zpoždění průchodu signálu:	t_{PLH} = jmen. 40 ns.
Příkon v provozu:	$P \leqq 150$ mW.
Logický zisk:	N = jmen. 1.

Tab. 7. Elektrické údaje komparátorů IL710M, IL710S výrobce RIZ

Mezní údaje ($\vartheta_a = +25$ °C)	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC} \geqq -7$ V.
Výstupní proud vrcholový:	$I_{OM} \leqq 10$ mA.
Vstupní napětí:	$U_I = -7$ až +7 V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_I = -5$ až +5 V.
Ztrátový výkon celkový[1]):	$P_{tot} \leqq 300$ mW.
Rozsah provozních teplot okolí	
IL710S:	$\vartheta_a = 0$ až +70 °C,
IL710M:	$\vartheta_a = -55$ až +125 °C.
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -65$ až +150 °C.
Teplota vývodů při napájení:	$\vartheta_L \leqq 300$ °C.
Zkrat výstupu:	$t \leqq 10$ s.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = +25$ °C, $+U_{CC} = 12$ V, $-U_{CC} = -6$ V	
Vstupní napěťová nesymetrie	
$R_S \leqq 200\ \Omega$	
IL710M:	U_{IO} = jmen. 0,6; ≦ 2 mV,
IL710S:	U_{IO} = jmen. 1,6; ≦ 5 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
IL710M:	I_{IO} = jmen. 0,7; ≦ 3 µA,
IL710S:	I_{IO} = jmen. 1,8; ≦ 5 µA.
Vstupní klidový proud	
IL710M:	I_{IB} = jmen. 13; ≦ 20 µA,
IL710S:	I_{IB} = jmen. 16; ≦ 25 µA.
Napěťový zisk	
IL710M:	A_{UO} = jmen. 1700; ≧ 1250,
IL710S:	A_{UO} = jmen. 1500; ≧ 1000.
Výstupní proud	
$\Delta U_I \geqq 5$ mV, $U_O = 0$ V	
IL710M:	$-I_{OS}$ = jmen. 2,5; ≧ 2,0 mA,
IL710S:	$-I_{OS}$ = jmen. 2,5; ≧ 1,6 mA.
Doba zpoždění průchodu signálu:	t_{PLH} = jmen. 40 ns.

Zaručené elektrické údaje v celkovém rozsahu teplot
IL710M: $\vartheta_a = -55$ až +125 °C,
IL710S: $\vartheta_a = 0$ až +70 °C, není-li uvedeno jinak

Vstupní napěťová nesymetrie		
$R_S \leqq 200\ \Omega$		
IL710M:		$U_{IO} \leqq 3{,}0$ mV.
IL710S:		$U_{IO} \leqq 6{,}5$ mV.
Teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie		
$R_S = 50\ \Omega$		
$\vartheta_a = +25$ až +125 °C	IL710M:	TK_{UIO} = jmen. 3,5; ≦ 10 µV/K,
$\vartheta_a = +25$ až −55 °C	IL710M:	TK_{UIO} = jmen. 2,7; ≦ 10 µV/K,
$\vartheta_a = 0$ až 70 °C	IL710S:	TK_{UIO} = jmen. 5,0; ≦ 20 µV/K.
Vstupní proudová nesymetrie		
$\vartheta_a = +125$ °C	IL710M:	I_{IO} = jmen. 0,25; ≦ 3 µA,
$\vartheta_a = -55$ °C	IL710M:	I_{IO} = jmen. 1,8; ≦ 7 µA,
$\vartheta_a = +25$ °C	IL710S:	$I_{IO} \leqq 7{,}5$ µA.
Teplotní součinitel vstupní proudové nesymetrie		
$\vartheta_a = +25$ až +125 °C	IL710M:	TK_{IIO} = jmen. 5,0; ≦ 25 nA/K,
$\vartheta_a = +25$ až −55 °C	IL710M:	TK_{IIO} = jmen. 15; ≦ 75 nA/K,
$\vartheta_a = +25$ až 0 °C	IL710S:	TK_{IIO} = jmen. 24; ≦ 100 nA/K,
$\vartheta_a = +25$ až +70 °C	IL710S:	TK_{IIO} = jmen. 15: ≦ 50 nA/K.
Vstupní klidový proud		
$\vartheta_a = -55$ °C	IL710M:	I_{IB} = jmen. 27; ≦ 45 µA,
$\vartheta_a = 0$ °C	IL710S:	I_{IB} = jmen. 25; ≦ 40 µA.
Potlačení souřázovosti		
$R_S \leqq 200\ \Omega$	IL710M:	CMR = jmen. 100; ≧ 80 dB,
$R_S \leqq 200\ \Omega$	IL710S:	CMR = jmen. 98; ≧ 70 dB.
Rozsah vstupního napětí		
$-U_{CC} = -7$ V:		$U_I \geqq \pm 5$ V.
Rozsah vstupního diferenčního napětí:		$U_{ID} \geqq \pm 5$ V.

Napěťový zisk	IL710M: IL710S:	$A_{uO} \geqq 1000$, $A_{uO} \geqq 800$.
Výstupní napětí – úroveň H $\Delta U_I \geqq 5$ mV, $I_O \leqq 5$ mA:		U_{OH} = jmen. 3,2; 2,5 až 4 V.
Výstupní napětí – úroveň L $\Delta U_I \geqq 5$ mV:		U_{OL} = jmen. −0,5; −1 až 0 V.
Výstupní proud $\Delta U_I = 5$ mV $\vartheta_a = +125$ °C $\vartheta_a = -55$ °C $\vartheta_a = +25$ °C	 IL710M: IL710M: IL710S:	 $-I_{OS}$ = jmen. 1,7; $\geqq$ 0,5 mA, $-I_{OS}$ = jmen. 2,3; $\geqq$ 1,0 mA, $-I_{OL} \geqq 0,5$ mA.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_O \leqq 0$ V:		$+I_{CC}$ = jmen. 5,2; $\leqq$ 9 mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje:		$-I_{CC}$ = jmen. 4,6; $\leqq$ 7 mA.
Příkon:[1]		P = jmen. 90; $\leqq$ 150 mW.

1) Ztrátový výkon u IL710S platí při $\vartheta_C = +70$ °C, u IL710M při ϑ_C do +125 °C, při ϑ_a do +105 °C, při vyšších teplotách okolí se musí lineárně zmenšit o 5,6 mW/K.

Tab. 8. Elektrické údaje komparátorů K521SA2, K554SA2

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC} \geqq -7$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Zatěžovací odpor:	$R_L \leqq 1$ kΩ.
Rozsah pracovních teplot okolí:	$\vartheta_a = -45$ až $+85$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $+U_{CC} = 12$ V ±10 %, $-U_{CC} = -6$ V ±10 %	
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S \leqq 200$ Ω, $U_O = 1,4$ V:	$U_{IO} \leqq 7,5$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie $U_O = 1,4$ V:	$I_{IO} \leqq 10$ μA.
Vstupní klidový proud $U_O = 1,4$ V:	$I_{IB} \leqq 75$ μA.
Napěťové zesílení $U_O = 1,4$ V, $U_O = 500$ mV;	$A_u \geqq 750$.
Výstupní napětí – úroveň H $U_I = 20$ mV, $I = 5$ mA:	$U_{OH} = 2,5$ až 4 V.
Výstupní napětí – úroveň L $U_I = 20$ mV:	$U_{OL} \leqq 0,3$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_I = 20$ mV:	$+I_{CC} \leqq 9$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje $U_I = 20$ mV:	$-I_{CC} \leqq 8$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu $U_{OH} = 1,4$ V:	$t_{PLH} \leqq 130$ ns.

né komparátory vyrábějí rovněž nejrůznější firmy z nesocialistických států. Funkce vývodů: +I – neinvertující vstup, −I – invertující vstup, O – výstup, $-U_{CC}$ napájecí napětí ze záporného zdroje, $+U_{CC}$ – napájecí napětí z kladného zdroje. Používané funkční skupinové zapojení popsaných komparátorů je na obr. 6.

Ještě upozornění: Všechna zapojení vývodů s rozmístěním jednotlivých elektrod jsou kreslena při *pohledu shora*, jak se v současné době všeobecně používá. To platí i pro komparátory v pouzdře TO-99.

Definice elektrických veličin

K lepšímu a snadnějšímu pochopení jednotlivých vlastností komparátorů jsou určeny následující vysvětlivky, doplněné názvy v angličtině (a) a němčině (n).

Vstupní napěťová nesymetrie (Input Offset Voltage (a), Eingangs-Nullspannung (n)) – je napětí, které se musí přivést z vnějšku na vstupní vývody komparátoru, aby bylo na výstupu napětí odpovídající logickému prahovému napětí. Často se napěťová nesymetrie (nulovací napětí) udává při přesně stejných, sériově zapojených rezistorech ve vstupních vývodech.

Vstupní proudová nesymetrie (Input Offset Current (a), Eingangs-Nullstrom (n)) – je rozdíl vstupních proudů, protékajících do komparátoru, přičemž na výstupu musí být logické prahové napětí.

Vstupní klidový proud (Input Bias Current (a), Eingangs-Ruhestrom (n)) – je střední hodnota obou vstupních proudů, přičemž na výstupu musí být logické prahové napětí.

Rozsah vstupního napětí (Input Voltage Range (a), Eingangs-Spannungsbereich (n)) – je přípustné napětí na každém vstupu, při němž je komparátor ještě funkční v mezích daných charakteristických údajů.

Rozsah vstupního diferenčního napětí (Difference Input Voltage Range (a), Differenz-Eingangsspannungsbereich (n)) – je přípustné napětí mezi oběma vstupními vývody, při němž je komparátor ještě funkční.

Napěťový zisk (zesílení) (Voltage Gain (a), Spannungsverstärkung (n)) – je poměr změny výstupního napětí ke změně napětí mezi oběma vstupy, přičemž výstupní stejnosměrná úroveň leží co nejblíže u logického prahového napětí.

Vstupní odpor (Input Resistance (a), Eingangswiderstand (n)) – je odpor, který se naměří v každém vstupu, je-li druhý (právě neměřený) vstup spojen se zemí.

Výstupní odpor (Output Resistance (a), Ausgangswiderstand (n)) – je odpor, který se naměří na výstupu, rovná-li se výstupní úroveň logickému prahovému napětí.

Kladná výstupní úroveň (Positive Output Level (a), Positiver Ausgangspegel (n)) – kladné stejnosměrné výstupní napětí při daném vstupním stejnosměrném napětí.

Záporná výstupní úroveň (Negative Output Level (a), Negativer Ausgangspegel (n)) – záporné stejnosměrné výstupní napětí při daném vstupním stejnosměrném napětí.

Výstupní proud vrcholový (Peak Output Current (a), Spitzenausgangsstrom (n)) – maximální výstupní proud, který může protékat z výstupu do zátěže, aniž by se komparátor zničil.

Výstupní proud záporný – I_{OS} (Output Sink Current (a), Austrittstrom (n)) – maximální záporný proud, který smí protékat do výstupu komparátoru.

Příkon (Power Consumption (a), Leistungsaufnahme (n) – stejnosměrný příkon komparátoru v nezatíženém stavu. Tento příkon se poněkud mění s úrovní přiváděného signálu, je však specifikován jako maximum uvnitř přípustných mezí vstupního signálu.

Doba zpoždění uvolnění (Strobe Release Time (a), Austastverzörung (n)) – doba potřebná k tomu, aby na výstupu byla logická prahová úroveň, přivede-li se na vyklíčovací vstup (strobe) logický napěťový skok. Přitom se předpokládá, že vstupní podmínky připouštějí žádanou změnu výstupu.

Doba zpoždění průchodu signálu (Response Time (a), Einschwingzeit (n)) – je doba, která plyne od okamžiku, kdy je na výstupu komparátoru logické prahové napětí, připojí-li se na vstup v okamžiku $t = 0$ jednotkový napěťový skok. Je-li vstupní stejnosměrné napětí komparátoru tak velké, že komparátor přejde do stavu nasycení, a v tomto okamžiku se připojí určitá vstupní skoková funkce, která je právě tak velká, aby se výstupní napětí překlopilo ze stavu nasyceni do stavu, kdy je na výstupu logické prahové napětí, mluvíme o logickém přebuzení (u) pro tuto určitou vstupní skokovou funkci.

Vzorkovaná výstupní úroveň (Strobed Output Level (a), Getasteter Ausgangspegel (n)) – stejnosměrná výstupní úroveň, nezávislá na vstupním napětí, daná předepsaným napětím, připojeným na vzorkovací vývod komparátoru (strobe).

Vzorkovací proud (Strobe Current (a), Austaststrom (n)) – je maximální proud, který smí protékat vzorkovacím vyklíčovacím vývodem (strobe).

Uvedené definice platí též pro dále popisovaný dvojitý komparátor řady 711. U právě neměřeného systému se musí vzorkovací vývod (strobe) uvést do nečinného stavu.

Vlastnosti komparátorů

Jak jsme již poznali, funkce komparátoru spočívá v tom, že na jeho výstupu je vždy číslicová úroveň, je-li vstupní napětí větší než předepsané referenční napětí, a komplementární číslicová úroveň, je-li vstupní napětí menší než referenční napětí.

Kromě vlastností jako je např. napájecí napětí, napájecí proudy, příkon, mezní údaje, se komparátory charakterizují některými zvláštnostmi jako:

– přesnost, se kterou komparátor rozeznává vstupní signál od referenčního napětí,
– rychlost, s níž komparátor rozeznává (porovnává) signály, a jaký vliv má rychlost na již uvedenou přesnost,
– vliv zatížení výstupu komparátoru na přesnost a rychlost.

První z uvedených bodů můžeme objasnit tak, že vstupní napěťovou symetrii definujeme jako napětí mezi oběma vstupy komparátoru, při němž vznikne na výstupu prahová logická úroveň. Zjednodušeně můžeme označit vstupní napětí komparátoru jako kritickou veličinu pro logické rozhodování výstupu.

Dosáhne-li logické napětí na výstupu komparátoru prahové úrovně, postačí velmi malá změna vstupního napětí k tomu, aby výstup přešel z logického stavu „0" do stavu L (což odpovídá napětí 0 V, popříp. $+U_{CC}$). Není žádoucí, aby výstup komparátoru kmital mezi úrovněmi 0 a L, protože toto kmitání nezpůsobuje na výstupu logického zapojení žádné dodatečné změny, ale zmenšuje se tím odstup rušivých signálů.

Definujeme-li vstupní napětí potřebné k vybuzení komparátoru uvedeným způsobem, může se zesílení následujícího logického obvodu připočíst k zesílení komparátoru, čímž se určí počáteční citlivost a vlivy chyb. Toto celkové zesílení je u komparátorů řady 710 ve spojeni s logickým obvodem TTL asi 50 000. Stejně velkého zesílení se dosáhne téměř se všemi logickými obvody, takže přesnost zesílení nemusíme nadále zohledňovat. K tomu postačí vzít v úvahu napěťovou nesymetrii komparátoru.

Vliv vnitřního odporu zdroje signálu na přesnost komparátoru se může určit nulova-

cím proudem vstupní proudové nesymetrie a to za předpokladu, že vnitřní odpory v obou vstupech komparátoru jsou stejně velké. Při větších rozdílech odporů se musí počítat se středním vstupním proudem. K zamezení práce s nevhodnou pracovní vstupní napěťovou nebo proudovou nesymetrií se může nulovací napětí určit též tak, že se rezistor v každém vstupu komparátoru volí s přesně stejným odporem nebo odporem menším než je předepsaný. Vstupní odpor k určení zatížení signálu nelze u komparátoru použít. Vstupní impedance komparátoru se značně mění, prochází-li rozdílové vstupní napětí nulou (je např. více než 1 MΩ při vstupním napětí větším než 200 mV).

Rychlost komparátoru lze definovat dosti obtížně. Dobu zpoždění průchodu signálu čili rychlost reakce integrovaného obvodu můžeme definovat několika způsoby. Nejpříznivější je určení přesnosti amplitudy velkého impulsu. Je to vlastně případ, kdy se přivede na jeden vstup komparátoru referenční napětí např. o velikosti 0,1 V a na druhý vstup skoková funkce. Ještě předtím, než se na vstup připojí skoková funkce, je výstup komparátoru spolehlivě nasycen v jednom směru. Komparátor je plně nasycen již při vstupním napětí okolo 100 mV. Za určitou dobu po připojení skokové funkce dosáhne výstup komparátoru logického prahového napětí, pokud se amplituda skokové funkce odlišuje od referenčního napětí jen o velikost nulovacího napětí.

Právě zmíněný časový úsek (doba zpoždění průchodu signálu) je při tomto rozdílu přibližně nekonečný, přinejmenším těžce zjistitelný. Mimoto mohou i nejmenší rušivé signály tento časový úsek silně zkreslit. Proto se doba zpoždění udává s určitým „přebuzením" (označuje se *u*), čímž se dosáhne upotřebitelného údaje. Amplituda skokové funkce se zvětší o určitou velikost nad minimální potřebnou velikost, která výstup komparátoru právě uvede ze stavu nasycení do stavu s logickou prahovou úrovní. Nyní se může definovat doba zpoždění jako doba, která plyne od okamžiku připojení skokové funkce až do okamžiku, kdy výstupní napětí komparátoru právě dosáhne úrovně logického prahového napětí.

Dynamickou chybu, danou určitou dobou zpoždění, je možné určit potřebným přebuzením. Pro malá přebuzení je chyba větší a přitom je nezávislá na absolutní výši skokové funkce, pokud je tato funkce větší než 100 mV. Menší absolutní velikost skokové funkce udává menší dobu zákmitu, protože komparátor není přitom zcela nasycen.

Poslední, třetí bod, můžeme vysvětlit dvěma metodami. Buď se definuje maximální výstupní amplituda komparátoru při dané zátěži, nebo maximální logický zisk (*N*) určité spolupracující logiky, při níž komparátor ještě spolehlivě pracuje v daných podmínkách.

Dosud uvedená vysvětlení nezohledňují všechny vlastnosti komparátorů. Tak např. vstupní napěťová a proudová nesymetrie (nulovací napětí a nulovací proud) s použitím vnitřního odporu zdroje signálu nebo bez něj. Některé z těchto parametrů si objasníme za použití graficky zobrazených průběhů charakteristických veličin.

Přenosová charakteristika komparátorů řady 710 je znázorněna na obr. 6. Z ní je patrno, že komparátorem se mohou řídit všechny logické obvody. Zesílení je přitom tak velké, že změna prahového napětí změní přesnost jen velmi nepatrně. V celém rozsahu dovolených pracovních teplot (podle typu od 0 do +70 °C nebo od −25 do +85 °C, popříp. jiných teplotních rozsahů) má pracovní teplota jen malý vliv na průběh zobrazené charakteristiky.

Na obr. 7 je napěťové zesílení v závislosti na napájecím napětí, na obr. 8 na teplotě okolí komparátorů A110D, B110D (čárkované průběhy). Napěťové zesílení bude menší se zvyšující se teplotou, popříp. větší s větším napájecím napětím.

Proudové zesílení tranzistorů komparátoru bude větší se zvyšující se teplotou, proto se tím zmenší současně střední výstupní proud a proudová vstupní nesymetrie, jak ukazují grafické závislosti na obr. 9 a 10. Na obr. 11 je pro úplnost uvedena závislost vstupní napěťové nesymetrie komparátorů A110D, B110D na teplotě okolí.

Průběh krátké doby zpoždění průchodu signálu komparátoru je na obr. 12. V horní části diagramu je průběh při provozu komparátoru s referenčním napětím 100 mV a kladným funkčním skokem 100 mV. Zpoždění je uvedeno pro přebuzení napětím o velikosti 2 mV, 5 mV, 10 mV a 20 mV. V dolní části diagramu jsou znázorněny stejné průběhy, avšak při provozu komparátoru se záporným funkčním skokem 100 mV a referenčním napětím 100 mV.

Informativní kmitočtová charakteristika komparátorů řady 710 v rozsahu lineárního vybuzení je na obr. 13. Doba zpoždění průchodu signálu se vypočte z šířky pásma 3 dB (4,5 MHz) kmitočtového průběhu. Odtud je zřejmé, že naměřené údaje jsou mnohem menší. Komparátor má i při velmi vysokých kmitočtech ještě velké zesílení, neboť se u něj nezavádí zpětná vazba. Při šířce pásma 3 dB na kmitočtu 4,5 MHz je zisk ještě 60 dB.

Soufázovost stejnosměrného proudu je potlačena u komparátorů řady 710 typicky asi 90 dB. U rychlého komparátoru je zvlášť důležité kmitočtově závislé potlačení soufázovosti. Na obr. 14 je graficky znázorněn tento vliv při provozu se strmým vstupním signálem (impulsem). Výstup komparátoru při něm není podstatně ovlivňován.

Z uváděných charakteristických údajů vstupní napěťové a proudové nesymetrie je možné soudit, že vnitřní struktura komparátoru je skutečně symetrická. Uvedené údaje platí pro dané napájecí napětí. Z dříve uvedených vztahů (1) až (8) je však patrné, že vliv napájecího napětí nemá podstatný vliv na charakteristické vlastnosti komparátoru. Proto komparátor může pracovat též s menším napájecím napětím než předepisuje výrobce, a to do +10 V a −4 V za předpokladu, že tím způsobené menší zesílení a menší kladná výstupní amplituda postačí pro zamýšlené použití.

Logická slučitelnost

Logická slučitelnost komparátorů má v našem případě ten význam, že komparátor může řídit připojené logické obvody i v nejnepříznivějších podmínkách ve stavu nasycení. Rozdíl logického prahového napětí, pro něž je komparátor určen, se musí upravit o vliv vloženého napětí. Plnému rozsahu změny prahového napětí odpovídá u většiny logických obvodů změna vstupní napěťové nesymetrie na vstupu komparátoru max. o 1 mV. Tento vliv v praxi můžeme většinou zanedbat.

Vstupní vlastnosti komparátoru se definují při kladné a záporné výstupní amplitudě se zátěží nebo bez ní, což odpovídá logickému zapojení. Následující informace má sloužit k určení mezních provozních údajů komparátoru ve spojení s různými logickými zapojeními a při určitých pracovních podmínkách.

Jestliže komparátor řady 710 pracuje ve spojení s logickým zapojením RTL, působí komparátor jako oddělovací stupeň (výkonový stupeň) s velkým logickým ziskem (*N*). Protože je komparátor napájen větším kladným napětím než spolupracující zapojení RTL, může být vnitřní ztrátový výkon komparátoru při provozu v úrovni L poněkud velký. Velký proud protékající z výstupu komparátoru zpomaluje funkci logického zapojení, což je výsledkem silného přebuzení. Proto je účelné zapojit do výstupního vývodu sériový rezistor, jímž se omezí výstupní proud. Pro logický zisk $N = 1$ se doporučuje použít rezistor s odporem 1,5 kΩ, pro $N = 2$ 510 Ω, pro $N = 3$ 270 Ω. Paralelně k rezistoru se může připojit kondenzátor o kapacitě 100 pF (zkrátí se spínací doba).

Stejná pravidla platí pro logiku TTL s malým ztrátovým výkonem, která se často označuje jako miliwattová logika (MWL). Rozdíl je pouze ve velikosti odporu sériově zapojených rezistorů. Pro logický zisk $N = 1$ je vhodný odpor 2,2 kΩ, pro $N = 3$ odpor 1,3 kΩ. I v tomto případě se může k rezistoru připojit paralelní kondenzátor s malou kapacitou.

U logických obvodů DTL omezuje proud tekoucí z logického zapojení do výstupu komparátoru velikost logického zisku. Komparátor může řídit pouze jeden vstup obvodů DTL. S vnějším rezistorem 3,6 kΩ, zapojeným vůči vývodu −6 V, je logický zisk 2, s rezistorem 2,2 kΩ je logický zisk 3.

Pro spolupracující logiku TTL platí stejná pravidla jako pro logiku DTL. U komparátoru v zapnutém stavu určuje proud, protékající z logického zapojení, celkovou velikost logického zisku. V úrovni L komparátorem protékající zbytkový proud vstupů TTL nepředstavuje žádné omezení, protože výstup komparátoru při kladné úrovni může dodávat velký proud. Protékající zbytkový proud je ve srovnání s výstupním proudem komparátoru sotva desetinou proudu v úrovni 0.

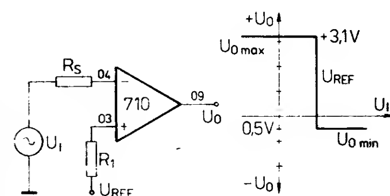
Komparátory řady 710 mohou přímo řídit rovněž logiku CTL, která se v současné technice používá jen zřídka. Velikost logického zisku bývá v tomto případě v rozmezí 1 až 2.

Typická základní zapojení komparátorů řady 710

Jednoduchý detektor napěťové úrovně s komparátorem řady 710 s diferenčním vstupem se zapojí tak, že se jeden vstup připojí ke zdroji referenčního signálu v rozmezí ±5 V, na druhý vstup se přivádí měřené napětí. Výstupní signál tohoto jednoduchého detektoru napěťové úrovně v zapojení podle obr. 15 se mění, jakmile vstupní signál překročí velikost referenčního napětí. Výstup bude spínat po kladné nebo záporné úrovni podle toho, jak jsou zapojeny vstupy komparátoru. Postup spínání ukazuje obrázek.

Popsané zapojení nachází široké uplatnění. Protože se vyznačuje velkou odolností proti rušení (asi 5 V), může se používat jako oddělovací stupeň mezi zapojeními s velkou impulsní úrovní a integrovanými logickými součástkami s malou napěťovou úrovní. Jediným vyvážením napětí se může řídit rušivý odstup celé řady výkonových zesilovačů.

V analogově číslicových převodnících se používá komparátor řady 710 v zapojení, u něhož je jeden vstup spojen s referenčním napětím, na druhý vstup se přivádí signál z vyhodnocovací sítě. Protože má kompará-



Obr. 15. Zapojení jednoduchého detektoru napěťové úrovně s komparátorem řady 710

tor velkou vstupní citlivost, může se používat přímo jako čtecí zesilovač a detektor prahové úrovně v páskových nebo deskových pamětech. Komparátor se může používat rovněž k regeneraci impulsů, u nichž se musí přesně dodržovat napětí prahové úrovně.

Několik dalších doporučení k provozu popsaného zapojení:

Odpor zdroje referenčního napětí a zdroje signálu má být stejný, pokud možno ne větší než 200 Ω. Jen tak se udrží vstupní napěťová nesymetrie a teplotní závislost co nejmenší.

Vstupní soufázové a vstupní diferenční napětí nesmí překročit ±5 V, neboť při větším napětí se může prorazit přechod emitor-báze vstupních tranzistorů nebo se zvětší vstupní proudy natolik, že poškodí vstupní stupeň komparátoru. Je-li např. na jednom vstupu napětí +5 V, může se druhý vstup vybudit maximálně na potenciál země.

Protože má komparátor jako vícestupňový zesilovač velké napěťové zesílení až do kmitočtu několika MHz, musí se dobře blokovat napájecí napětí. Dlouhé, neblokované přívody napětí, popř. nevhodná konstrukce desky s plošnými spoji mohou způsobit neřízené rozkmitání celého zapojení. Blokování napájecích vývodů elektrolytickými nebo vinutými papírovými kondenzátory není dostatečně účinné. Kladné a záporné napájecí napětí se má odebírat ze zdrojů s velmi malým vnitřním odporem (řádově mΩ), na integrovaný obvod se má přivádět co nejkratším vedením. Přímo na IO se musí napájecí přívody blokovat proti zemi keramickými kondenzátory s malou indukčností. Pečlivá montáž, při níž se musí vstup a výstup prostorově co nejlépe oddělit, je rovněž podmínkou bezvadné funkce komparátoru.

V některých případech se vyžaduje detektor prahové úrovně s hysterezí, který může spolehlivě zpracovávat zašuměné signály při průchodu nulou. Hysterezní napětí se volí záměrně poněkud větší než maximální očekávané šumové napětí. Kladná zpětná vazba, zaváděná rezistorem R_2 v zapojení podle obr. 16, způsobuje žádané hysterezní napětí. Horní a dolní úroveň prahového detektoru je dána vztahy

$$U_h = U_{REF} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}(U_{2\,max} - U_{REF}) \qquad (1),$$

$$U_d = U_{REF} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}(U_{2\,min} - U_{REF}) \qquad (2).$$

Hysterezní napětí odvodíme z obou uvedených vztahů jako

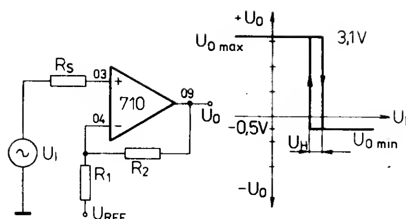
$U_H = U_h - U_d$

nebo též jako

$$U_H = \frac{R_1}{R_1 + R_2}(U_{2\,max} - U_{2\,min}) \qquad (3).$$

Nejmenší velikost hysterezního napětí je určena zesílením v předním směru a rozsahem vybuzení výstupního napětí. Není-li zesílení v předním směru větší než kladná zpětná vazba, určená poměrem rezistorů R_1 a R_2, může se detektor rozkmitat na kladné úrovni výstupního napětí. Tím jsou dány meze odporu rezistorů R_1 a R_2 a rovněž velikost hysterezního napětí U_H, které však nemá být větší než 5 mV. Hysterezní napětí se může zmenšit, jestliže se např. zapojí hradlo DTL a zavede kladná zpětná vazba z výstupu hradla. Přídavným zesílením hradla se může dosáhnout hysterezního napětí max. 0,2 mV.

Zapojení podle obr. 16 se může použít rovněž jako Schmittův klopný obvod. Jeho předností je možnost provozu se zápornou nebo kladnou úrovní prahových hodnot, přičemž je možno horní a dolní prahovou úroveň nezávisle nastavit v širokém rozsahu.

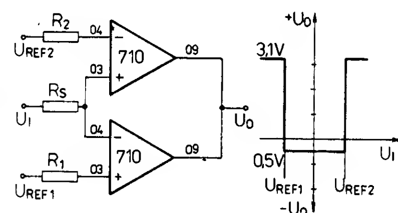


Obr. 16. Zapojení komparátoru ve funkci detektoru napěťové úrovně s hysterezí

Nejmenší napěťová nesymetrie a malá tepelná závislost se může dodržet zachováním vztahu

$$R_S = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

K určování impulsní nebo napěťové amplitudy uvnitř určitých, předem daných mezí, doporučuje se použít zapojení podle obr. 17. Je to praktický případ testovacích automatů součástek na principu testu GO/ /NO-GO, kterými se vyhodnocují naměřené veličiny, ležící mezi horní a dolní hranicí jako dobré, ostatní, ležící mimo tuto oblast, jako špatné. Velmi elegantně lze popsaný problém řešit dvěma komparátory, které pracují jako okénkový diskriminátor. Dva komparátory se propojí tak, aby dolní mezní napětí



Obr. 17. Jednoduchý okénkový diskriminátor se dvěma komparátory řady 710

$U_{REF\,1}$ bylo na neinvertujícím vstupu dolního komparátoru, horní mezní napětí $U_{REF\,2}$ na invertujícím vstupu horního komparátoru. Zbylé vstupy jsou spojeny a přivádí se na ně porovnávací napětí přes sériový rezistor R_S. Odpor rezistoru R_S se musí volit podle vztahu

$$R_S = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2}.$$

Správnou volbou rezistoru R_S se dosáhne přesnosti funkce komparátoru v závislosti na proudové nesymetrii, nikoli na velkém vstupním klidovém proudu.

Komparátory řady 710 jsou vhodnou součástkou pro monostabilní multivibrátory, neboť spouštěcí bod se může v celém rozsahu prahových úrovní nastavit s přesností ±10 mV. Kladný výstupní impuls dostaneme, jestliže referenční napětí překročí velikost záporného vstupního impulsu. Během doby přidržení t si podrží výstupní impuls kladnou úroveň, pak se zmenší zpět na stabilní úroveň 0 V. Dobu t můžeme vypočítat ze vztahu

$$t = (R_2 + R_3)C_1 \log \frac{\Delta U_2 R_2}{U_{REF}(R_2 + R_3)}.$$

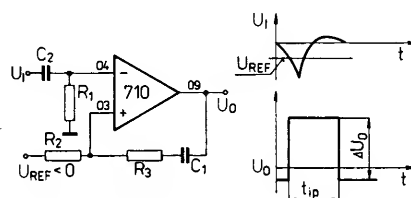
Rezistorem R_3 se zkracuje nebo prodlužuje doba zotavení. Jeho odpor může být 10 až 20× větší než odpor rezistoru R_2, aniž by se podstatně ovlivnila přesnost časových vlastností. Při referenčním napětí U_{REF} větším než 0 V dostaneme s kladnými budicími signály záporné výstupní impulsy.

Kladné výstupní napěťové impulsy při kladných spouštěcích impulsech a záporné napěťové impulsy při záporných impulsech odevzdá multivibrátor tehdy, jestliže spojíme spouštěcí vazební kondenzátor C_2 s neinvertujícím vstupem (vývod *3*). Střídavé působení mezi spouštěcím obvodem a zpětnovazebním zapojením je podmínkou dobré funkce multivibrátoru.

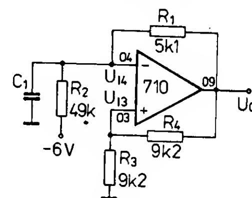
Požadujeme-li stabilní velikost spouštěcího napětí, musí se rezistory R_1 a R_2 souhlasně s požadavky ostatních obvodů navrhovat s menším odporem. Odpor rezistoru R_2, který je sériově spojen s efektivním odporem zdroje referenčního signálu, se má přibližně rovnat odporu rezistoru R_1.

Velikost napětí ΔU_2 impulsu je závislá hlavně na kladném napájecím napětí a na zátěži výstupu. Běžně se používá +3,7 V při provozním napájecím napětí +12 V a −6 V.

Dobu trvání výstupních impulsů t můžeme nastavit kondenzátorem C_1 a rezistory R_2 a R_3 podle výše uvedeného vztahu. Použijeme-li přesný komparátor A110D, je přesnost překlápění multivibrátoru značná (±10 mV v napěťovém rozsahu ±5 V). Zapojení na obr. 18 je proto vhodné pro všestranné monostabilní multivibrátory se značnými požadavky na přesnost.



Obr. 18. Monostabilní multivibrátor s komparátorem řady 710



Obr. 19. Astabilní multivibrátor s komparátorem řady 710

S komparátorem řady 710 můžeme konstruovat též jednoduché astabilní multivibrátory podle základního zapojení na obr. 19. Princip jejich funkce: Přes rezistory R_4 a R_3 je zavedena kladná zpětná vazba z výstupu na neinvertující vstup. Změna vstupního napětí U_{I2} na vývodu *2* je

$$(U_{2\,max} - U_{2\,min})\frac{R_3}{R_3 + R_4},$$

mění-li se výstupní napětí ze stavu L (−0,5 V) do stavu H (+3,2 V). V časovém bodě překlopení je napětí na vstupu *3* (U_{I3}) a tím též napětí na kondenzátoru C_1 stejné jako napětí U_{I2} na vstupu *2*, které je dáno stavem úrovně L na výstupu.

Napětí na kondenzátoru se změní v okamžiku, kdy se výstup sepne na úroveň H (napětí $U_2 = U_{2\,max}$ = 3,2 V) na

$$(U_{2\,max} + U_{-}\frac{R_1}{R_2})\frac{R_2}{R_1 + R_2},$$

kde U_{-} je záporné napětí na rezistoru R_2, $U_{2\,max}$ napětí při úrovni H výstupu komparátoru.

Efektivní odpor rezistoru časové konstanty přebíjení je dán vztahem

$$R_{ef} \doteq \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Výstup zůstává v úrovni H tak dlouho, až se kondenzátor (popř. napětí na vývodu *3*) nabije na napětí, působící na vstupu *2*

$$U_{12} = \frac{R_3}{R_3 + R_4} U_{2\,max.}$$

Poté se výstup překlopí do stavu L a pochod se opakuje v obráceném pořadí.

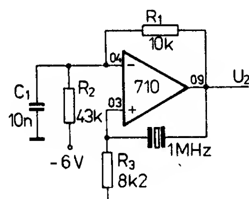
Popsaný multivibrátor se může navrhovat pro kmitočty až do 5 MHz, neboť průchod signálu komparátorem je zpožděn velmi málo. K dalšímu zlepšení vlastností multivibrátoru na vysokých kmitočtech se doporučuje připojit mezi výstup a neinvertující vstup *2* kondenzátor s kapacitou několika pF.

Aby multivibrátor sám spouštěl, musí mít komparátor takové předpětí, které nastaví jeho stejnosměrný pracovní bod mimo lineární rozsah. Poměr odporu rezistorů R_4/R_3 a R_1/R_2 je volen tak, aby napětí, na něž se kondenzátor C_1 nabije, bylo stále kladnější než napětí U_{12} při výstupním napětí $U_2 = U_{2max}$.

Maximální teplotní stabilita pracovního bodu vyžaduje přesně stejný odpor zdrojů na vstupech *2* a *3*. Při napájecím napětí +12 V a −6 V bude na výstupu komparátoru ve stavu H napětí +3,2 V, ve stavu L napětí −0,5 V.

Nakonec malý příklad: Návrh zapojení multivibrátoru se symetrickým napětím na výstupu předpokládá volbu rezistorů
$R_2 = 9{,}7R_1$,
$R_3 = 1{,}8R_1$,
$R_4 = 1{,}8R_1$.
Pro rezistor R_1 platí však omezení: Je-li R_1 menší než 1 kΩ, může se omezeným vstupním proudem vybudit výstupní napětí až do −0,5 V. Bude-li R_1 větší než 24 kΩ, vstupní proudová nesymetrie podstatně ovlivní symetrii výstupního napětí.

Velmi stabilní provoz mají krystalem řízené oscilátory s kmitočtem 1 MHz, osazené komparátorem řady 710. Křemenný krystal, zapojený mezi výstup a neinvertující vstup komparátoru podle obr. 20, zavádí kladnou



Obr. 20. Krystalem řízený oscilátor s komparátorem řady 710

zpětnou vazbu. Stejnosměrný pracovní bod je nastaven rezistory R_1 a R_2. R_2 je připojen mezi záporné napájecí napětí a invertující vstup tak, aby byl zaručen automatický náběh oscilátoru a oscilace přitom zůstaly v lineární, nenasycené oblasti.

Oscilační kmitočet zajišťuje zpětná vazba, způsobená kondenzátorem C_1. K teplotní stabilizaci slouží rezistor, jehož odpor se vypočte podle vztahu

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Při doporučeném napájecím napětí +12 V a −6 V je střední výstupní napětí přibližně +1,35 V. Jestliže se neinvertující vstup spojí rezistorem R_3 se zemí, dostaneme pro optimální předpětí poměr rezistorů podle vztahu

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1{,}35}{U_-},$$

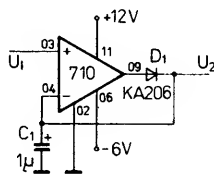
kde je U_- záporné napájecí napětí. Rezistor R_1 nemá však mít odpor větší než 47 kΩ.

Aby se při oscilacích nevyskytla záporná zpětná vazba, musí reaktance kondenzátoru splňovat podmínku

$$X_{C1} \leq \frac{R_1}{500}.$$

Vhodnou volbou vnějších součástek oscilátoru lze konstruovat popsané oscilátory s kmitočtem vyšším než 5 MHz.

Přesně lze měřit napěťové špičky rychlých impulsů komparátory řady 710 v zapojení podle obr. 21. Měřené impulsy přivádíme na neinvertující vstup komparátoru. Výstupní



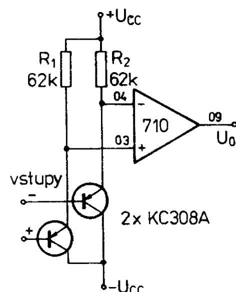
Obr. 21. Detektor špičkového napětí rychlých kladných impulsů, osazený komparátorem řady 710; C_1 – tantalový kondenzátor

signál se přivádí z blokovacího kondenzátoru C_1 přímo na invertující vstup. Je-li vstupní signál větší než výstupní, bude výstup vybuzen kladně a kondenzátor se nabije velmi rychle přes diodu D_1. Zmenší-li se vstupní napětí pod napětí na kondenzátoru C_1, bude výstup komparátoru vybuzen záporně a dioda se stane nevodivou. Tím zůstává kondenzátor nabit na špičkovou velikost vstupního signálu.

Malá vstupní napěťová nesymetrie a krátká doba zpoždění průchodu signálu komparátorem umožňují měřit impulsy se šířkou do 100 ns s přesností 5 mV. Rozsah nasazení je přitom určen schopností vybuzení (0 V až +2,5 V) komparátoru. Doba zákmitu napětí na kondenzátoru je závislá na vstupním klidovém proudu komparátoru (přibližně 20 ms/V). Spojí-li se výstup rezistorem se záporným napájecím napětím, detektor sleduje měnící se signály rychleji. V důsledku velkého vstupního odporu se zatěžuje zdroj přiváděného signálu při vrcholovém vstupním signálu proudem okolo 25 μA.

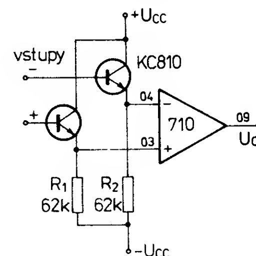
Komparátor řady 710 se může použít též jako předzesilovací stupeň, sloužící ke zvětšení vstupního odporu. Aby se nepřetěžoval zdroj signálu nebo zdroj referenčního napětí, doporučuje se pro některá použití zmenšit vstupní proud komparátoru, nejjednodušeji tak, že se předřadí diferenční stupeň s vybranými diskrétními tranzistory v zapojení podle obr. 22 až 24.

Zapojení na obr. 22 používá k tomuto účelu tranzistory p-n-p. Rozsah vstupního napětí je ±5 V. Zapojení na obr. 23 je s tranzistorem n-p-n. Je účelné tam, kde je zapotřebí porovnávat vstupní napětí menší než −2 V.

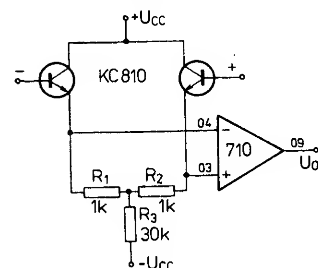


Obr. 22. Zapojení předzesilovacího stupně s tranzistory p-n-p, který slouží ke zvětšení vstupního odporu

Zapojení na obr. 24 je obdobou předchozího zapojení, jeho přednost spočívá v tom, že dosahuje stejné doby zpoždění průchodu



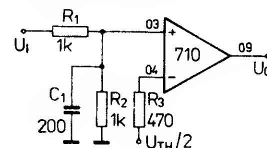
Obr. 23. Zapojení předzesilovacího stupně s tranzistory n-p-n, který slouží ke zvětšení vstupního odporu



Obr. 24. Zapojení předzesilovacího stupně s tranzistory n-p-n pro zvětšení vstupního odporu, který má stejnou dobu zpoždění jako použitý komparátor

signálu, jakou má samotný použitý komparátor. Umožňuje to poněkud zmenšený odpor zdroje komparátoru (asi na 2 kΩ). Rozvážením symetrie emitorových rezistorů R_1 a R_2 se může podle potřeby vyvážit výstupní napětí komparátoru. Spínací rychlost se může zmenšit kapacitou kolektor-báze vstupních tranzistorů, které zatěžují zdroje signálů. Tranzistory vstupního stupně se musejí vybrat na co nejmenší kapacitu kolektor-báze a velké proudové zesílení při malém kolektorovém proudu. K dosažení velké spínací rychlosti se smí zatěžovat zdroj kapacitou nejvýše 10 pF.

V číslicových systémech se obvykle propojují různé části přístrojů dlouhými vedeními, při nichž vzniká nebezpečí nežádoucího rušení. Použije-li se výkonový zesilovač s komparátorem řady 710 s velkou odolností proti rušení v zapojení podle obr. 25, může se toto rušení poměrně dobře potlačit. Re-



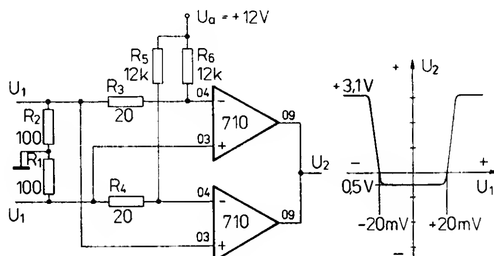
Obr. 25. Výkonový zesilovač s komparátorem, vyznačující se velkou odolností proti rušení

zistorový dělič na vstupu umožňuje dobré zpracování impulsů s velkou amplitudou. Rychlé špičky rušivého napětí zneškodňuje kondenzátor C_1. Přes integrované působení kondenzátoru dostaneme na výstupu v důsledku velkého zesílení komparátoru impulsy se strmou náběžnou hranou. Minimální teplotní závislost zesilovače vyžaduje volit odpor rezistoru R_3 podle vztahu

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Další obor použití nacházejí komparátory řady 710 v číslicové technice zpracování dat jako čtecí zesilovače v paměťových jednotkách. Oproti běžným zapojením nabízí čtecí zesilovač s komparátorem některé přednosti. Běžné čtecí zesilovače mají ponejvíce diferenční vstup a direfenční výstup. Zesilují výstupní signál z jádrové paměti, přičemž potlačují velké soufázové signály během čtení. Vlastní prahová úroveň čtecího napětí je přitom určena na výstupu zesilovače. Uvedený postup má tu nevýhodu, že se musí mimořádně konstantně udržovat napěťová nesymetrie, zesílení a výstupní soufázové napětí čtecího zesilovače. Pouze tak se dosáhne přesné prahové úrovně.

V zapojení čtecího zesilovače se dvěma komparátory podle obr. 26 je prahová úroveň čtecího signálu přímo připojena na vstup, proto má na ni vliv pouze vstupní napětí nesymetrie. Protože tato nesymetrie je velmi malá, může se prahová úroveň čtení udržovat téměř nezávisle na teplotě okolí. Rezistory R_1 a R_2 jsou zakončovací rezistory čtecího vedení. Prahová úroveň čtecího signálu je v podstatě určena úbytkem napětí na rezistorech R_3 a R_4.



Obr. 26. Čtecí zesilovač jádrové paměti, osazený dvěma komparátory řady 710

Proud, který protéká z napěťového zdroje (U_a) přes rezistory R_6, R_3, R_2, popříp. R_5, R_4, R_1, určuje úbytek napětí na R_3, popříp. R_4 a tím též prahovou úroveň čtecího signálu. Změnou odporu rezistorů R_5, popříp. R_6 je možné pro každý jednotlivý čtecí zesilovač nastavit prahovou úroveň čtení s ohledem na napěťovou nesymetrii. Prahovou úroveň čtení je možné měnit u celé řady čtecích zesilovačů změnou vyvažovacího napětí U_a. Bez napěťového vyvážení a bez zvláštního výběru použitých součástek se dosáhne stabilní úrovně čtení v rozmezí ±5 mV.

Stejnosměrnými signály (např. s napětím 1 V), které se projeví během čtení, se změní prahová úroveň čtení jen zcela nepatrně (asi o 8 %). Protože ve většině případů jádrové paměti dostávají soufázový signál během čtení menší než 0,5 V, můžeme tento vliv zanedbat.

Použité komparátory obsahují přímo vázané jednotlivé stupně s malými paměťovými dobami, takže doba zotavení při řízení diferenčním nebo soufázovým signálem je kratší než 50 ns. U střídavým napětím vázaných zesilovačů se stejnosměrným napětím zmenšuje citlivost na rušení prahovým napětím.

Jestliže se oddělí výstupy, dostaneme buď kladné nebo záporné logické signály podle toho, jak jsou zapojeny vstupy, které se museji cyklicky měnit.

Popsané zapojení nemá zvláštní možnost snímání, neboť ta se realizuje bez obtíží v následné logice. Přesto může snímací impuls způsobit, že se během čtecího postupu sepne kladné napájecí napětí z klidového napětí +7 V na provozních +12 V. Tím se současně zmenší ztrátový výkon během doby čekání o činitel 3.

Některé paměti, např. dvouosé, dodávají pro logické úrovně 0 a 1 signály s obrácenou polaritou. V tomto případě je zapotřebí jako čtecí zesilovač pouze jeden komparátor, u něhož se diferenční vstup spojí přímo se čtecím vedením. Během snímacího intervalu je na výstupu buď úroveň log. 0 nebo log. 1 podle toho, jakou polaritu má vstupní impuls.

Upozornění: Číslování vývodů ve všech doporučených zapojeních komparátorů se vztahuje ke komparátorům v pouzdru DIL-14, zapojení vývodů podle obr. 3.

Dvojité napěťové komparátory řady 711

Integrované bipolární dvojité napěťové komparátory řady 711 jsou navrženy podle stejných pravidel jako komparátory řady 710. Jsou vyrobeny epitaxně planární technologií na křemíkové podložce. Plocha čipu celého systému obvodu má rozměr 1,6 mm^2. Hlavní předností těchto dvojitých komparátorů jsou krátké doby zpoždění průchodu signálu, malý ztrátový výkon a slučitelnost téměř se všemi řadami logických integrovaných obvodů.

Použití dvojitých komparátorů řady 711 je zvlášť výhodné ve čtecích zesilovačích v magnetických pamětech. Prahové napětí komparátoru závisí prakticky jen na použitých vnějších rezistorech, takže zesilovací vlastnosti jsou ve značné míře nekritické. Konstrukce zapojení komparátoru zaručuje dobrou stabilitu v celém rozsahu dovolených pracovních teplot okolí. Rovněž při menší úrovni výkonu jsou komparátory dostatečně rychlé.

Každý z obou systémů dvojitého komparátoru se může klíčovat nezávisle. V logickém zapojení OR se může připojit k výstupu až osm čtecích zesilovačů. Výstupní amplituda a řízení výstupu vzorkováním (vyklíčováním) jsou slučitelné s většinou typů logických integrovaných obvodů.

Popis funkce

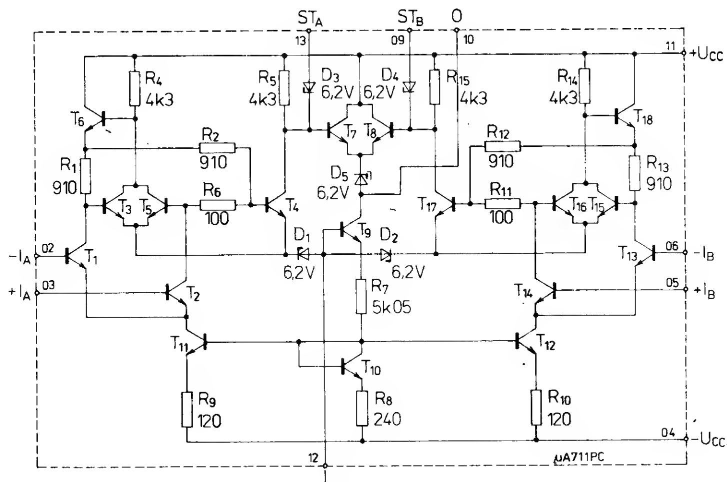
Vnitřní elektrické zapojení dvojitého komparátoru řady 711 je na obr. 27. Toto zapojení platí pro všechny dále popisované výrobky ze zemí RVHP. Základní funkce komparátoru je v podstatě stejná jako u jednoduchého komparátoru řady 710. Na vstup se přivádí jedno signální a jedno referenční napětí. Obě se komparátorem porovnávají; podle toho, které je větší, vytvoří se na výstupu komparátoru úroveň logické „nuly" (0, L), nebo „jedničky" (1, H). Popisovaný dvojitý komparátor je složen ze dvou nezávislých systémů, jejichž výstupy jsou spojeny do logického členu OR. Každý systém je vybaven vzorkovacím (vyklíčovacím) vstupem ST.

Protože komparátor porovnává vstupní napětí, je jako vstupní stupeň použit diferenční zesilovač s tranzistory T_1 a T_2. Tím je kompenzováno napětí báze-emitor, je-li na vstupech úroveň 0. Oba systémy vstupního stupně se napájejí ze zdroje konstantního proudu (tranzistor T_{11}), takže proudy kolektorů jsou nezávislé na soufázovém vstupním napětí. Druhý stupeň komparátoru je rovněž kompenzován. Tranzistor T_4 slouží jako druhý stupeň, tranzistor T_3 kompenzuje tranzistor T_4. Oba uvedené tranzistory mají stejnou geometrii, jejich báze se napájejí přes rezistory R_1 a R_2 ze společného napěťového bodu.

Jsou-li proudy kolektorů vstupního stupně stejně velké, platí totéž pro tranzistory T_3 a T_4, při čemž druhý stupeň je rovněž v rovnovážném stavu. Tranzistor T_3 je současně zapojen jako obraceč signálu se zesílením 1. Výstup T_1 je tím invertován a v kombinaci s T_2 (fázově správně přičítá) spojen s bází T_4. Na tranzistoru T_4 je nyní asymetrický výstup, přičemž jsou však zachovány všechny přednosti diferenčního stupně. Toto zapojení má zvláštní výhodu. Asymetrický výstup ve vyváženém stavu je necitlivý vůči změnám kladného napájecího napětí. Bude-li napájecí napětí např. větší, zvětší se proud kolektorů tranzistorů T_3 a T_4 stejnou měrou a výstupní napětí na T_4 zůstane konstantní. Zenerova dioda D_1 v emitoru druhého stupně dovoluje velký kladný rozsah vstupního napětí. Dovolená velikost kladného vstupního napětí je určena napětím báze druhého stupně a v tomto případě je okolo 7 V.

K posuvu napěťové úrovně slouží Zenerova dioda D_5. Tranzistor T_9 potlačuje vazbu výstupu vůči tranzistoru T_{10}, který je zapojen jako kompenzační dioda, a je nutný pro zdroj konstantního proudu. Činností kompenzační diody vzniká na rezistoru R_9 jen velmi malý úbytek napětí, čímž se zvětší přípustné záporné soufázové napětí.

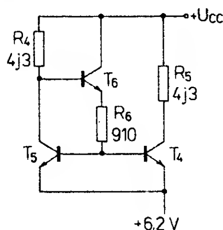
Vnitřní elektrické zapojení využívá ještě přídavný tranzistor T_5. Jeho úkolem je zmenšit proud báze tranzistoru T_4 v době, kdy tento tranzistor přejde do nasyceného stavu.



Obr. 27. Vnitřní elektrické zapojení dvojitého komparátoru µA711PC, µA711PCE, ULY7711N, ULA6711N, CLB2711EC

Tím se zmenší nejen ztrátový výkon, ale i doba pamatování tranzistoru T_4.

Pracuje-li komparátor v lineárním provozu, vytvoří proud kolektoru tranzistoru T_2 na rezistoru R_6 napěťový úbytek pólovaný tak, že tranzistor T_5 zůstává uzavřen. Proto T_5 neovlivňuje provoz komparátoru v lineárním rozsahu. Při jednom velkém záporném vstupním napětí bude tranzistor T_2 uzavřen, takže úbytek napětí na rezistoru R_6 se neprojeví a tranzistor T_5 se stane vodivým. Úbytek napětí na rezistorech R_2 a R_6 je ve vodivém stavu tranzistoru T_5 velmi malý, naproti tomu úbytek napětí na R_1 je velký, neboť tranzistorem T_1 protéká přibližně celý proud z tranzistoru T_{11}. Úbytek napětí na rezistoru R_1 uzavírá tranzistor T_3. Tento stav je zjednodušeně znázorněn s vodivým T_5 a uzavřeným T_3 na obr. 28. Rezistor R_6 byl vypuštěn, neboť úbytek napětí na něm je možné zanedbat. Tranzistory T_4 a T_5 jsou elektricky identické, proto proudy kolektorů jsou stejně velké, neboť tranzistory pracují se stejným napětím báze-emitor.



Obr. 28. Zjednodušené zapojení části komparátoru pro omezení stavu nasycení

Proud kolektoru T_5 je určen odporem rezistoru R_4 a na něm vzniklým úbytkem napětí. Napětí kolektor-emitor tranzistoru T_5 je $2U_{BE}$ ($T_5 + T_6$) plus napěťový úbytek na rezistoru R_2, který je tak malý, že jej můžeme zanedbat. Totéž platí pro tranzistor T_4, neboť jeho kolektorový proud je stejně velký jako u tranzistoru T_5 (rezistory R_4 a R_5 jsou stejné). Je však žádoucí, aby tranzistor T_4 pracoval v nasyceném stavu, čímž dostane vhodnou zápornou výstupní napěťovou úroveň. U integrovaných analogových obvodů to lze udělat snadno tak, že se plocha emitoru T_5 zvolí menší než tranzistoru T_4. Proto tranzistorem T_4 protéká při stejném napětí báze-emitor větší proud než T_5. Použitím této metody přichází tranzistor T_4 do velmi slabě nasyceného stavu, takže paměťová doba tranzistoru je minimální.

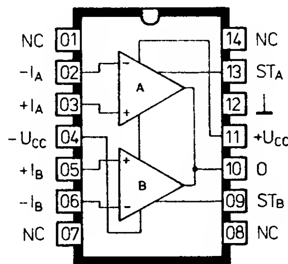
Z vnitřního zapojení na obr. 27 je patrné spojení obou emitorů na výstupu každého systému do logického členu OR. K posunutí úrovně na společném výstupu postačí pouze jedna Zenerova dioda D_5 a dělič ze součástek T_9, R_7, T_{10}, R_8. V bodě báze obou emitorových sledovačů je připojena vždy jedna Zenerova dioda (D_3, D_4). Zvolené uspořádání umožňuje oddělené vzorkování (vyklíčování) obou komparátorů. Spojí-li se vzorkovací vývod ST se zemí, nelze výstup komparátoru měnit, neboť je pevně udržován na napětí Zenerovy diody. Vzorkovací vývod se může využít též k omezení kladného výstupního napětí.

Elektrické vlastnosti dvojitých komparátorů řady 711

Přehled dostupných komparátorů řady 711 ze zemí RVHP je v tab. 9; podobně jako komparátory řady 710 mají různě upravená typová označení. Jejich funkce je sice stejná, avšak jednotlivé komparátory od různých výrobců se v mnoha elektrických parametrech odlišují. Úplné elektrické údaje komparátorů jsou v tab. 10 až 13.

Komparátory ULY7711N, ULA6711N

Dvě provedení dvojitých komparátorů řady 711 vyrábí polský výrobce Unitra-CEMI. Základní typ ULY7711N je určen pro běžná použití v rozsahu teplot od 0 do +70 °C. Pro použití v rozšířeném rozsahu pracovních teplot od −40 do +85 °C je určen komparátor ULA6711N. Ten se navíc dodává se zpřísněnými hranicemi kritických veličin, proto je vhodný pro přístroje průmyslové, výpočetní a speciální elektroniky. Oba komparátory jsou v plastovém pouzdru DIL-14 s 2× sedmi vývody ve dvou řadách. Zapojení vývodů je na obr. 29.



Obr. 29. Zapojení vývodů dvojitých komparátorů ULA6711N, ULY7711N, µA711PC, µA711PCE, CLB2711EC, K554CA1

Komparátory µA711PC, µ711PCE

Maďarský výrobce MEV (dříve Tungsram) rovněž vyrábí dvě provedení dvojitého komparátoru µA711PC a µA711PCE. Navzájem se odlišují rozsahem dovolených pracovních teplot okolí – µA711PC je určen pro práci v rozsahu teplot 0 až +70 °C, µA711PCE v rozsahu −25 až +85 °C. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14, zapojení vývodů je shodné s polskými výrobky na obr. 29. Elektrické údaje jsou v tab. 11.

Komparátory CLB2711EC, CLB2711CII72

Na našem trhu jsou snadno dostupné dvojité komparátory CLB2711EC z výroby rumunského výrobce I.P.R.S. v Baneasa. Na rumunském trhu je k dostání též dvojitý komparátor označovaný znakem CLB2711CII72, na pouzdru zpravidla označovaný pouze CII 72. Elektrické vlastnosti obou komparátorů jsou stejné s výjimkou maximálního ztrátového výkonu a tepelného odporu přechod-pouzdro (tab. 12). Rozdíl spočívá v použitém pouzdru obou součástek. Typ CLB2711EC je v plastovém pouzdru DIL-14 se zapojením vývodů podle obr. 29, typ CLB2711CII72 je v kovovém pouzdru TO-100 s deseti drátovými vývody ve skleněné průchodce, zapojení vývodů je na obr. 30. Rozsah dovolené provozní teploty 0 až +70 °C platí pro obě součástky.

Komparátory K521SA1, K554SA1

Dvojité komparátory řady 711 označují závody na výrobu polovodičových součástek v Sovětském svazu typovým znakem K554SA1 a K521SA1. První z nich je v plastovém pouzdru DIL-14 se zapojením vývodů podle obr. 29. Dříve se vyráběl tentýž komparátor v kovovém pouzdru TO-100 se zapojením vývodů podle obr. 30. Tento typ, K521SA1, se již nevyrábí, je však používán v mnoha starších zařízeních. Jeho náhrada je možná úpravou na novější typ. Elektrické údaje obou komparátorů jsou stejné a jsou v tab. 13.

Zapojení vývodů dvojitých komparátorů na obr. 29 a 30 je rovněž mezinárodně normalizováno pro komparátory řady 711. Stejně zapojené komparátory vyrábí řada různých výrobců v nesocialistických státech, které je možné nahradit popsanými dostupnými součástkami ze zemí RVHP. Funkce vývodů: $+I_A$, $+I_B$ – neinvertující vstup systému A, B, $-I_A$, $-I_B$ – invertující vstup systému A, B, ST_A, ST_B – vzorkovací vstup systému A, B, O – společný výstup obou systémů, $-U_{CC}$ – napájecí napětí ze záporného zdroje, $+U_{CC}$ – napájecí napětí z kladného zdroje.

Upozornění: Všechna zapojení vývodů komparátorů s rozmístěním jednotlivých elektrod jsou kreslena *při pohledu shora,* jak se nyní všeobecně používá. Platí to rovněž pro komparátory v pouzdru TO-100.

Elektrické údaje v tabulkách doplňují grafické závislosti na obr. 31 až 37, které sice platí pro dvojité komparátory CLB2711EC, ale v podstatě je lze jako informativní použít ve spojení s komparátory ostatních výrobců. Přenosová charakteristika dvojitého komparátoru při teplotě +25 °C je na obr. 31. Pracovní teplota nemá žádný podstatný vliv na uvedený průběh charakteristiky, proto se nemusí ve většině případů sledovat. Průběh závislosti zesílení komparátoru, které se při vyšších teplotách zmenšuje a při nízkých teplotách zvětšuje, je na obr. 32.

Jak již bylo dříve uvedeno, komparátor není navržen tak, aby na výstupu byla úroveň 0, přivede-li se na vstup nulové napětí, jak je tomu u operačních zesilovačů. Ve vyváženém stavu je výstupní napětí mnohem více závislé na prahovém napětí použitého integrovaného logického obvodu, s nímž spolupracuje.

Výstupní napětí má stejný teplotní součinitel jako prahové napětí logického obvodu. Tím, že napětí na výstupu komparátoru je blízké nebo rovné logickému prahovému napětí, může být proudové zesílení komparátoru menší, aniž by se zhoršila celková přesnost. Zesílení logického obvodu se v tomto případě může připočítat k zesílení komparátoru, čímž se určí celková přesnost. Použijí-li se běžné obvody DTL, je celkové zesílení asi 50 000. Uvedená skutečnost je výhodná, neboť přídavné zesilovací stupně v komparátoru nekomplikují celé zapojení, navíc jejich činnost zpomalují.

Na obr. 33 je závislost napěťového zesílení na použitém napájecím napětí při konstantním záporném napájecím napětí −7 V, −6 V a −5 V.

Časový průběh doby zpoždění průchodu signálu komparátorem je graficky znázorněn na obr. 34. Vstupní skoková funkce je

Tab. 9. Přehled komparátorů řady 711 podle jmenovitých výrobců v zemích RVHP

Typ	Výrobce	Rozsah provozních teplot	Pouzdro	Zapojení vývodů obr.
CLB2711EC	I.P.R.S., RSR	A	DIL-14	29
CLB2711 CII 72	I.P.R.S., RSR	A	TO-100	30
ULA6711N	Unitra-CEMI, PLR	C	DIL-14	29
ULY7711N	Unitra-CEMI, PLR	A	DIL-14	29
µA711PC	MEV, MLR	A	DIL-14	29
µA711PCE	MEV, MLR	B	DIL-14	29
K521CA1	SSSR	C	TO-100	30
K554CA1	SSSR	C	DIL-14	29

Rozsah provozních teplot okolí:
A: 0 až +70 °C, B: −25 až +85 °C, C: −40 až +85 °C.

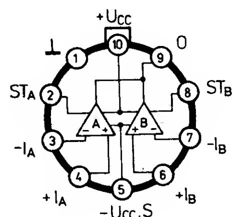
Tab. 10. Elektrické údaje dvojitých komparátorů ULA6711N, ULY7711N

Mezní údaje		
Napájecí napětí kladné:		$+U_{CC} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:		$-U_{CC} \geqq -7$ V.
Výstupní proud vrcholový:		$I_{OM} \leqq 50$ mA.
Vstupní napětí:		$U_I = -7$ až $+7$ V.
Vstupní napětí diferenční:		$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Ztrátový výkon:		$P_{tot} \leqq 300$ mW.
Rozsah pracovních teplot okolí		
ULY7711N:		$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C,
ULA6711N:		$\vartheta_a = -40$ až $+85$ °C.
Rozsah skladovacích teplot:		$\vartheta_{stg} = -55$ až $+125$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $+U_{CC} = 12$ V, $-U_{CC} = -6$ V; ULY7711N: $U_O = 1,5$ V při $\vartheta_a = 0$ °C, $U_O = 1,4$ V při $\vartheta_a = +25$ °C, $U_O = 1,2$ V při $\vartheta_a = +70$ °C, ULA6711N: $U_O = 1,8$ V při $\vartheta_a = -40$ °C, $U_O = 1,4$ V při $\vartheta_a = +25$ °C, ; °C, $U_O = 1,0$ V při $\vartheta_a = +85$ °C, není-li uvedeno jinak		
Vstupní napěťová nesymetrie		
$R_S \leqq 200\ \Omega$	ULY7711N:	U_{IO} = jmen. 1,0; $\leqq 7,5$ mV,
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	ULY7711N:	$U_{IO} \leqq 10$ mV,
	ULA6711N:	U_{IO} = jmen. 1,0; $\leqq 5,0$ mV,
$\vartheta_a = -40$ až $+85$ °C	ULA6711N:	$U_{IO} \leqq 6,0$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie		
	ULY7711N:	I_{IO} = jmen. 0,5; $\leqq 15$ µA.
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	ULY7711N:	$I_{IO} \leqq 25$ µA,
	ULA6711N:	I_{IO} = jmen. 0,5; $\leqq 10$ µA,
$\vartheta_a = -40$ až $+85$ °C	ULA6711N:	$I_{IO} \leqq 20$ µA.
Vstupní klidový proud		
	ULY7711N:	I_{IB} = jmen. 25; $\leqq 100$ µA,
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	ULY7711N:	$I_{IB} \leqq 150$ µA,
	ULA6711N:	I_{IB} = jmen. 25; $\leqq 75$ µA,
$\vartheta_a = -40$ až $+85$ °C	ULA6711N:	$I_{IB} \leqq 150$ µA.
Výstupní odpor:		R_O = jmen. 200 Ω.
Napěťový zisk otevřené smyčky		
$\Delta U_O = 1,2$ V, $U'_O = 0,8$ V, $U'' = 2$ V		
	ULY7711N:	A_{U0} = jmen. 1,5; $\geqq 0,7$ V/mV,
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	ULY7711N:	$A_{U0} \geqq 0,5$ V/mV,
	ULA6711N:	A_{U0} = jmen. 1,5; $\geqq 0,75$ V/mV,
$\vartheta_a = -40$ až $+85$ °C	ULA6711N:	$A_{U0} \geqq 0,5$ V/mV.
Výstupní proud záporný		
$U_I \leqq -10$ mV, $U_O = 0$ V:		$-I_{OS}$ = jmen. 0,8; $\geqq 0,5$ mA.
Napájecí proud z kladného zdroje		
$U_- \leqq 10$ mV, $U_O = 0$ V:		$+I_{CC}$ = jmen. 8,6 mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje		
$U_- \leqq 10$ mV, $U_O = 0$ V:		$-I_{CC}$ = jmen. 3,9 mA.
Proud vzorkovacího vstupu		
$U_{ST} = 100$ mV.		I_{ST} = jmen. 1,2; $\leqq 2,5$ mA.
Výstupní napětí – úroveň H		
$U_I \geqq 10$ mV:		U_{OH} = jmen. 4,5; $\leqq 5$ V.
Výstupní napětí – úroveň L		
$U_I \leqq -10$ mV:		U_{OL} = jmen. 0,5; −1 až 0 V.
Výstupní napětí maximální		
$-U_{CC} = -7$ V:		$U_I = -5$ až $+5$ V.
Doba zpoždění průchodu signálu		
$U_I = 100$ mV, $u = 5$ mV:		t_{PLH} = jmen. 40 ns.

Tab. 11. Elektrické údaje µA711PC

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné [1])	$U_{CC1} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné [1]):	$U_{CC2} \geqq -7$ V.
Výstupní proud vrcholový:	$I_{OM} \leqq 50$ mA.
Vstupní napětí souřázové:	$U_{IC} = -7$ až $+7$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Vzorkovací napětí:	$U_{ST} = 0$ až $+6$ V.
Ztrátový výkon celkový $\vartheta_a = 70$ °C:	$P_{tot} \leqq 670$ mW.
Rozsah provozních teplot:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -65$ až $+150$ °C.
Teplota vývodů při pájení, $t < 10$ s:	$\vartheta_L = 260$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $U_{CC1} = +12$ V, $U_{CC2} = -6$ V	
Vstupní napěťová nesymetrie [2])	
$R_S \leqq 200\ \Omega$, $U_O = 1,4$ V, $U_{CM} = 0$:	U_{IO} = jmen. 1; $\leqq 5$ mV,
$R_S \leqq 200\ \Omega$, $U_O = 1,4$ V:	U_{IO} = jmen. 1; $\leqq 7,5$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie $U_O = 1,4$ V:	I_{IO} = jmen. 0,5; $\leqq 15$ µA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 25; $\leqq 100$ µA.
Napěťové zesílení:	A_{U0} = jmen. 1500; $\geqq 700$.
Výstupní odpor:	R_O = jmen. 200 Ω.
Doba zpoždění průchodu signálu $\Delta U_I = 100$ mV, $u = 5$ mV:	t_{PLH} = jmen. 40 ns.
Doba vybavení vzorkování:	t_{ST} = jmen. 12 ns.
Rozsah vstupního napětí $U_{CC2} = -7$ V:	$U_I \geqq \pm 5$ V.
Rozsah vstupního diferenčního napětí:	$U_{ID} \leqq \pm 5$ V.
Výstupní napětí – úroveň H	
ΔU_{ID} 10 mV:	U_{OH} = jmen. 4,5; $\leqq 5$ V.
ΔU_{ID} − 10 mV, $I_O = 5$ mA:	U_{OH} = jmen. 3,5; $\geqq 2,5$ V.
Výstupní napětí – úroveň L $\Delta U_{ID} \geqq 10$ mV:	U_{OL} = jmen. −0,5; −1 až 0 V.
Vzorkovací výstupní úroveň $U_{ST} \leqq 0,3$ V:	$U_{O\,ST} = -1$ až 0 V.
Výstupní proud $\Delta U_{ID} \geqq 10$ mV, $U_O = 0$ V:	I_O = jmen. 0,8; $\geqq 0,5$ mA.
Vzorkovací proud $U_{ST} = 100$ mV:	I_{ST} = jmen. 1,2; $\leqq 2,5$ mA.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_O \leqq 0$ V, invertující vstup +10 mV:	I_{CC1} = jmen. 8,6 mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje $U_O = 0$ V, invertující vstup +10 mV:	I_{CC2} = jmen. 3,9 mA.
Příkon:	P = jmen. 130; $\leqq 230$ mW.
Platí při $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	
Vstupní napěťová nesymetrie	
$R_S \leqq 200\ \Omega$, $U_{CM} = 0$ V:	$U_{IO} \leqq 6,0$ mV.
$R_S \leqq 200\ \Omega$:	$U_{IO} \leqq 10$ mV.
Střední teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C:	$\Delta U_{IO}/\Delta\vartheta_a$ = jmen. 5 µV/K.
Vstupní proudová nesymetrie:	$I_{IO} \leqq 25$ µA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 150 µA.
Napěťové zesílení:	$A_{U0} \geqq 500$.

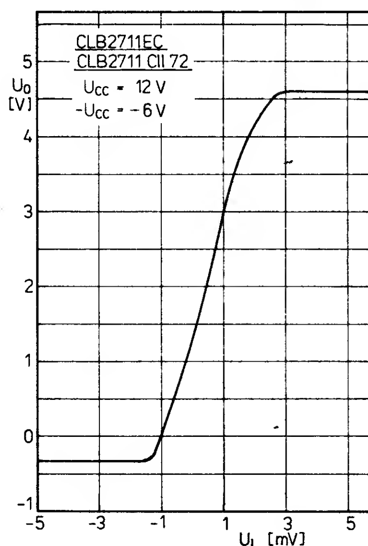
[1]) Napětí se vztahuje vůči zemnicímu vývodu.
[2]) Vstupní napěťová nesymetrie a vstupní proudová nesymetrie jsou definovány pro logická prahová napětí: při 0 °C 1,5 V, při +25 °C 1,4 V, při +70 °C 1,2 V.

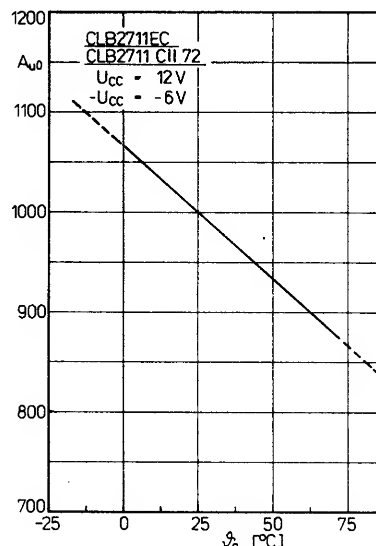


Obr. 30. Zapojení vývodů dvojitých komparátorů CLB2711 CII 72, K521CA1 v pouzdru TO-100

Obr. 31. Přenosová charakteristika dvojitých komparátorů CLB2711EC

Obr. 32. Průběh závislosti zesílení dvojitých komparátorů CLB2711EC na teplotě okolí





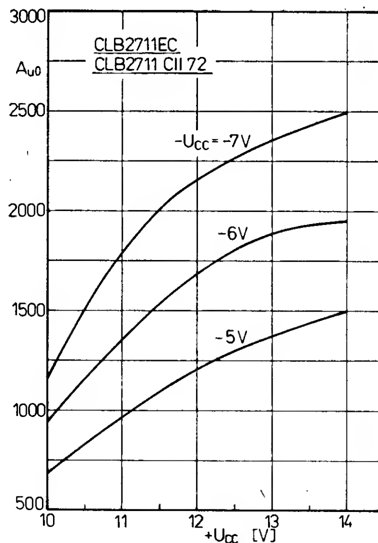
Tab. 12. Elektrické údaje dvojitého komparátoru CLB2711EC, CLB2711 CII 72

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC} \leqq +14$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC} \geqq -7$ V.
Výstupní proud:	$I_O \leqq 25$ mA.
Vstupní napětí:	$U_I = -7$ až $+7$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Napětí vzorkovacího vstupu:	$U_{ST} = 0$ až $+6$ V.
Ztrátový výkon celkový	
CLB2711EC:	$P_{tot} \leqq 500$ mW,
CLB2711 CII 72:	$P_{tot} \leqq 400$ mW.
Teplota přechodu:	$\vartheta_j = 125$ °C.
Rozsah pracovní teploty okolí:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Rozsah skladovací teploty:	$\vartheta_{stg} = -55$ až $+125$ °C.
Tepelný odpor přechod-okolí	
CLB2711EC:	$R_{thja} \leqq 200$ K/W.
CLB2711 CII 72:	$R_{thja} \leqq 225$ K/W.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = +25$ °C, $+U_{CC} = 12$ V, $-U_{CC} = -6$ V, R_S připojen mezi vstup a záporné napájecí napětí $-U_{CC}$. [1]	
Vstupní napěťová nesymetrie	
$U_O = 1,4$ V, $U_{ST} = 0$ V, $R_S = 1,1$ kΩ:	U_{IO} = jmen. 1; ≦ 5 mV,
$U_O = 1,4$ V, $R_S = 1,1$ kΩ:	U_{IO} = jmen. 1; ≦ 7,5 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
$U_O = 1,4$ V:	I_{IO} = jmen. 0,5; ≦ 15 μA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 25; ≦ 75 μA.
Napěťový zisk:	A_{uo} = jmen. 7900; ≧ 1500.
Napájecí proud z kladného zdroje	
$U_I \leqq -10$ mV:	$+I_{CC}$ = jmen. 8,6 mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje	
$U_I \leqq -10$ mV:	$-I_{CC}$ = jmen. 3,9 mA.
Teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie	
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C:	TK_{UIO} = jmen. 5 μV/K.
Doba zpoždění průchodu signálu	
$U_I = 100$ mV, $u = 5$ mV:	t_{PLH} = jmen. 40 ns.
Výstupní odpor:	R_O = jmen. 200 Ω.
Rozsah vstupního napětí	
$-U_{CC} = -7$ V:	$U_I = -5$ až $+5$ V.
Výstupní napětí – úroveň H	
$U_I > 10$ mV:	U_{OH} = jmen. 4,5; ≦ 5 V.
Výstupní napětí – úroveň L	
$U_I > 10$ mV:	U_{OL} = jmen. −1 až 0 V.
Výstupní proud	
$U_O \geqq 0$ V:	$-I_{OS}$ = jmen. 0,8; ≧ 0,5 mA.
Doba vybavení vzorkovacího vstupu:	t_{ST} = jmen. 12 ns.
Vstupní proud vzorkovacího vstupu	
$U_{ST} = 100$ mV:	I_{ST} = jmen. 1,2; ≦ 2,5 mA.

[1]) Vstupní napěťová nesymetrie a vstupní proudová nesymetrie jsou uváděny pro logické prahové napětí 1,4 V.

100 mV, jako parametr je uvedeno přebuzení u pro 2 mV, 5 mV, 10 mV a 20 mV. Pro vyjmenovaná přebuzení dostáváme ve stejném pořadí dobu zpoždění 65 ns, 28 ns a 20 ns. Při menším vstupním napětí (max. 100 mV) je doba zpoždění při stejném přebuzení menší, protože komparátor není zcela nasycen v době připojení vstupní skokové funkce. Větší vstupní napětí než 100 mV neovlivňuje podstatně dobu zpoždění, neboť komparátor je již v nasyceném stavu.

Informativní závislost vzorkovacího (vyklíčovacího) zpoždění pro různá vstupní přebuzení je na obr. 35. Jako vzorkovací zpoždění se přitom definuje doba, kterou komparátor potřebuje k dosažení svého logického stavu 0 nebo 1 poté, co se na vzorkovacím vstupu změní úroveň 0 na logickou úroveň 1. Obrázek rovněž udává tuto dobu pro různé velikosti vstupního přebuzení. Křivka 0 mV ukazuje výstup a jeho prahové napětí při použití stejnosměrného napětí. Křivka −1 mV pod ní ukazuje průnik vzorkovacího impulsu na výstup uzavřeného komparátoru. Při navrhování desek s plošnými spoji je proto žádoucí propojit komparátor tak, aby rozptýlené kapacity mezi vzorkovacím vývodem a vstupními vývody byly co nejmenší.

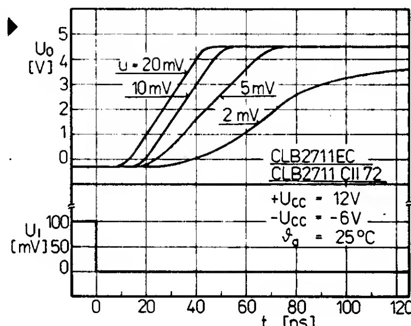


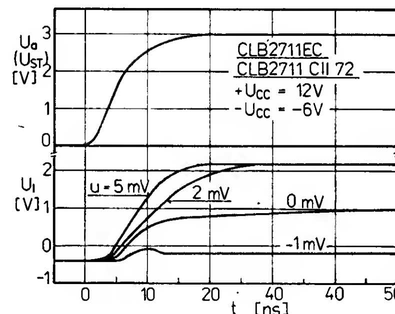
Obr. 33. Napěťové zesílení dvojitých komparátorů CLB2711EC v závislosti na kladném napájecím napětí při konstantním záporném napájecím napětí −7 V, −6 V a −5 V

Tab. 13. Elektrické údaje komparátorů K521SA1, K554SA1

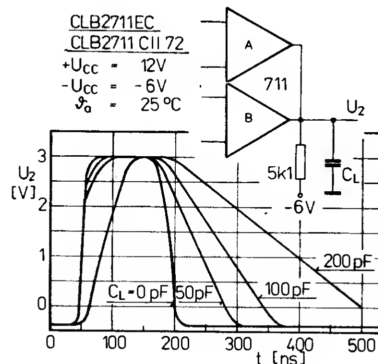
Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC} \leqq 14$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC} \geqq -7$ V.
Napětí vzorkovacího vstupu:	$U_{ST} \leqq 6$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Zatěžovací odpor:	$R_L \leqq 1$ kΩ.
Rozsah pracovní teploty okolí:	$\vartheta_a = -45$ až $+85$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $+U_{CC} = 12$ V ±10 %, $-U_{CC} = -6$ V ±10 %	
Vstupní napěťová nesymetrie	
$R_S \leqq 200$ Ω, $U_O = 1,4$ V:	$U_{IO} \leqq 7,5$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
$U_O = 1,4$ V:	$I_{IO} \leqq 10$ μA.
Vstupní klidový proud	
$U_O = 1,4$ V	$I_{IB} \leqq 75$ μA.
Napěťové zesílení	
$U_O = 1,4$ V, $U_O = 500$ mV:	$A_u \geqq 700$.
Výstupní napětí – úroveň H	
$U_I = 20$ mV, $I = 5$ mA:	$U_{OH} = 2,5$ až 5 V.
Výstupní napětí – úroveň L	
$U_I = 20$ mV:	$U_{OL} \leqq 0,3$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje	
$U_I = 20$ mV:	$+I_{CC} \leqq 11,5$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje	
$U_I = 20$ mV:	$-I_{CC} \leqq 6,5$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu	
$U_{OH} = 1,4$ V:	$t_{PLH} \leqq 120$ ns.

Obr. 34. Časový průběh doby zpoždění průchodu signálu komparátorem CLB2711EC pro vstupní skokovou funkci 100 mV a přebuzení 2 mV, 5 mV, 10 mV a 20 mV





Obr. 35. Závislost vzorkovacího zpoždění dvojitého komparátoru CLB2711EC pro různá přebuzení



Obr. 36. Rozšíření výstupního impulsu dvojitého komparátoru CLB2711EC v závislosti na zatěžovací kapacitě

Tím se průnik vzorkovacího impulsu na výstup udrží na malé úrovni.

Křivky 2 mV a 5 mV na obr. 35 představují praktické provozní podmínky. Udávají vzorkovací zpoždění asi 40 ns a 10 ns. U těchto průběhů výstup nedosahuje své maximální logické úrovně. Je to podmíněno velikostí přivedeného vyklíčovacího impulsu, neboť výstupní napětí komparátoru leží v důsledku omezování o jedno prahové napětí diody pod úrovní vzorkovacího impulsu. Uvedené zkušební podmínky platí při spolupráci komparátoru s logickými obvody RTL.

Čtecí zesilovače se vzorkováním zpravidla vyžadují co nejširší klíčovaný výstupní signál čtecího zesilovače a to natolik, aby se tím dala akceptovat určitá délka vedení pro řízení paměti. K tomuto účelu může dobře posloužit astabilní multivibrátor.

Čtecí zesilovače nevyžadují žádnou velkou přesnost, proto se může použít i jiná jednodušší metoda. Jedna z nich je na obr. 36. Zatěžovací kondenzátor C_L na výstupu komparátoru rozšiřuje výstupní impuls na potřebnou šířku. Ta je dána tím, že výstupní emitorový sledovač sice výstupní kondenzátor nabije v „kladném směru", ale pro malý proud v záporném směru jen pomalu vybije. Šířka vzorkovacího impulsu je zpravidla dostatečná ke spouštění logického obvodu, avšak při delším vedení se může spouštěcí impuls silně deformovat. U komparátoru řady 711 běžně postačí přídavná kapacita přenosového vedení k rozšíření vzorkovacího impulsu, takže již není zapotřebí přídavný vnější kondenzátor.

V zapojení na obr. 36 je připojen vnější rezistor z výstupu proti zápornému napájecímu napětí, čímž se umožní logický zisk 1 ve spojení s logikou DTL. Odtud je nyní patrné, proč doba zpoždění signálu a doba zpoždění vzorkování se u dvojitých komparátorů neudávají pro záporné výstupní signály. Důvodem je vnější rozšíření impulsu. Záporná doba zpoždění je až k bázi výstupního emitorového sledovače kratší než kladná hrana, protože celková doba zpoždění druhého stupně spolunepůsobí. Záporná hrana výstupního impulsu je proto určena pouze vnějšími součástkami.

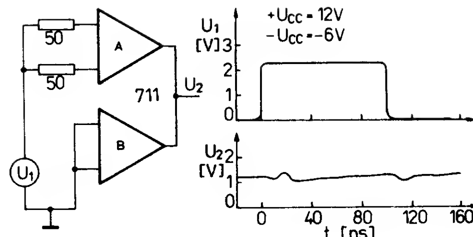
Typické potlačení soufázovosti (stejnosměrné napětí) komparátoru řady 711 je 85 dB, což je mnohem více, než se může využít u rychlých komparačních zapojení. Naproti tomu je zajímavé potlačení soufázovosti na vysokých kmitočtech. Definovat potlačení soufázovosti u komparátoru je mnohem obtížnější než u stejnosměrného zesilovače. Z testovacího zapojení na obr. 37 je možné soudit, že komparátor má dobré potlačení soufázovosti na vysokých kmitočtech. Zřetelné je to zvlášť v blízkosti strmé náběhové hrany. Chyby, podmíněné vysokofrekvenčními soufázovými vstupními signály, se mohou zanedbat na rozdíl od napěťové nesymetrie a doby zpoždění signálu.

Logická slučitelnost

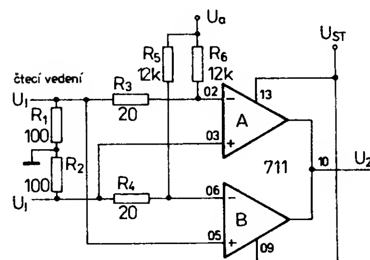
Výstup komparátorů řady 711 je konstruován tak, aby byl slučitelný se všemi řadami logických integrovaných obvodů. Protože zatěžovací podmínky jednotlivých logických obvodů jsou různé, nemohou se tyto součástky používat bez úprav s popsaným dvojitým komparátorem, takže se musí volit jisté kompromisy.

Výstup dvojitého komparátoru je upraven pro spojení určitého počtu stejných výstupů, jak se často vyžaduje v technice pamětí. Do logického členu OR se může navzájem spojit až osm výstupů při zaručené slučitelnosti s logickými obvody TTL, DTL, RTL a logickým ziskem 2.

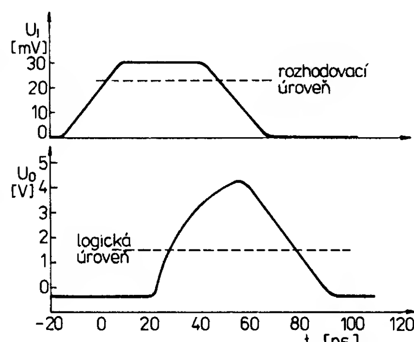
Aby se umožnilo zapojení logického členu OR a aby byl přitom ztrátový výkon co nejmenší v celém rozsahu pracovních teplot, je žádoucí zmenšit záporný proud komparátoru. Z toho plyne, že se musí nejméně čtyři komparátory spojit navzájem, čímž se dosáhne dostatečně velkého záporného proudu pro logický zisk 1 u logických obvodů DTL. Jestliže se bude používat jeden komparátor ve spojení s obvody DTL, musí se připojit rezistor 5,6 kΩ mezi výstup a zdroj napětí −6 V; tím se dosáhne logického zisku 1; popříp. rezistor 2,4 kΩ pro logický zisk 2.



Obr. 37. Závislost potlačení dvoufázovosti dvojitých komparátorů řady 711



Obr. 38. Základní zapojení čtecího zesilovače s dvojitým komparátorem řady 711



Obr. 39. Charakteristika čtecího zesilovače s dvojitým komparátorem řady 711, který pracuje s prahovou úrovní 23 mV nastavenou vstupním signálem 30 mV

Jeden komparátor řady 711 může řídit až osm vstupů obvodů RTL. Komparátor se však nemůže při logickém zisku 1 trvale provozovat na max. kladné výstupní úrovni, protože velký výstupní proud má za následek velký ztrátový výkon obvodu a ohrožuje jeho spolehlivou funkci. V zapojení čtecího zesilovače nepředstavuje komparátor žádné zvláštní omezení, neboť klíčovací poměr pro kladnou vstupní úroveň je poměrně malý. V každém případě prodlouží velký výstupní proud paměťovou dobu logického zapojení. Paměťová doba se může zkrátit sériovým zapojením rezistoru do výstupu komparátoru. Maximální odpor rezistoru je 3,9 kΩ pro logický zisk 1, 8 kΩ pro zisk 2 a 820 Ω pro zisk 3. Ke zkrácení spínací doby se může k zatěžovacímu rezistoru připojit paralelně kondenzátor s malou kapacitou (podobně jako u komparátorů řady 710). Požaduje-li se několik komparátorů s navzájem propojenými výstupy, může se odpor použitých rezistorů poněkud zmenšit, čímž se vyrovná menší výstupní napětí tohoto zapojení.

Proud vzorkovacího vstupu komparátoru řady 711 je typický 1,2 mA. U komparátoru ve vyváženém stavu (není sepnut) nemusí protékat vzorkovacím vstupem žádný proud. Pracuje-li několik komparátorů s navzájem propojenými vzorkovacími vstupy, musí řídicí logika dodávat proud pouze pro jeden vzorkovací vstup v dané časové jednotce, protože je sepnut vždy pouze jeden komparátor.

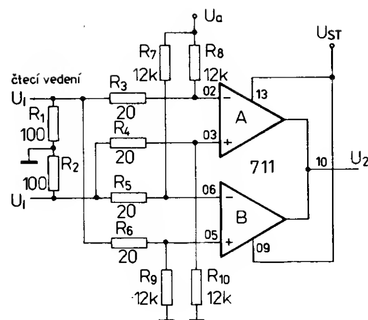
Doporučená zapojení

Podobně jako u jednoduchých komparátorů mají všechna typická zapojení dvojitých komparátorů (jako jsou čtecí zesilovače) jisté přednosti ve srovnání s konvenčními zapojeními. Jestliže se úroveň prahového napětí na vstupu komparátoru v zapojení čtecího zesilovače pevně určí, vzniká nebezpečí, že velká stejnosměrná napětí během postupu čtení zkreslí rozhodování. Určitou možnost znecitlivit zapojení proti účinkům stejnosměrného napětí je použít napájecí zdroj s „plovoucí zemí".

Zapojení, při němž se může nastavit prahové napětí na vstupu, je na obr. 38. Přestože se k napájení používá symetrické napájecí napětí, jsou pozoruhodně potlačeny soufázové signály. Rezistory R_1 a R_2 jsou přizpůsobovací rezistory čtecího vedení. Proud ze zdroje vyvažovacího napětí U_a může nastavit prahovou úroveň pomocí úbytku napětí na rezistorech R_3 a R_4 a to zcela nezávisle na odporu rezistorů R_5 a R_6. Použijí-li se dva komparátory, získáme výstupní napětí jak pro kladné, tak záporné vstupní signály, které překrývají předem nastavená prahová napětí. Další přednost spočívá ve využívání levných vnějších rezistorů pro nastavení úrovně prahového napětí pro feritová jádra různých průměrů. Úroveň prahového napětí se může rovněž nastavovat na optimální velikost změnou společného vyvažovacího napětí U_a. Protože vstupní napěťová nesymetrie, která ovlivňuje nepřesnost prahové úrovně především, je velmi malá, musí se dodržet rovněž velmi malá změna prahové úrovně v závislosti na teplotě. Protože se výstup paměti značně mění s teplotou při konstantním proudu, proto je to důležitější. Jestliže se např. zápis a čtení provádí při různých teplotách, musí se kompenzovat rovněž změna budicího proudu jader. Žádoucí je přitom konstantní úroveň prahového napětí čtecího zesilovače v celém rozsahu pracovních teplot.

Prahovou úroveň čtecího zesilovače podle obr. 38 při vyvažovacím napětí 12 V změní soufázový signál 1 V asi jen o 8 %. Protože u většiny jádrových pamětí je soufázový signál během čtení menší než 0,5 V, může se tato změna zanedbat. Vliv soufázového signálu se může ovlivňovat zvětšením odporu rezistorů R_5 a R_6 a zvětšením vyvažovacího napětí U_a. Čtecí zesilovač je navržen se součástkami s kratší paměťovou dobou, takže doba zotavení při řízení diferenčním nebo soufázovým signálem je menší než 50 ns. Mimoto stejnosměrná vazba navíc zmenší u zesilovačů, vázaných střídavým napětím, citlivost na rušení.

Přenosové vlastnosti popsaného čtecího zesilovače s typickým vstupním signálem jsou na obr. 39. Přivedený stupní signál je během 45 ns o 7 mV nad rozhodovací úrovní a způsobí výstupní impuls, který je po dobu 50 ms nad logickým prahovým napětím. Abychom získali delší výstupní impulsy, do-

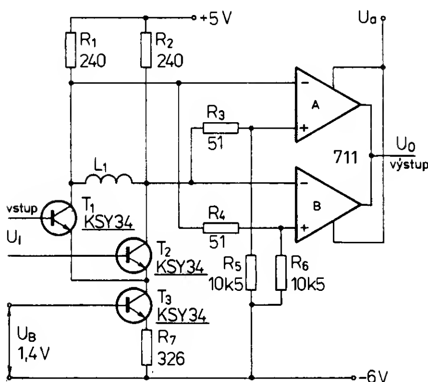


Obr. 40. Zapojení čtecího zesilovače s dvojitým komparátorem řady 711 se zlepšeným potlačením soufázovosti

poručuje se použít metodu prodloužení impulsů v zapojení podle obr. 36.

Čtecí zesilovač se zvětšeným potlačením soufázovosti o činiteli 10 je na obr. 40. Vliv soufázového napětí na prahovou úroveň je vyvážen vnějšími rezistory. Potlačení soufázovosti se může na vyšších kmitočtech zmenšit nekompenzovanými rozptylovými kapacitami na čtecím vedení a na vstupu komparátoru. Z tohoto důvodu se musí použít bezkapacitní rezistory R_3, R_4, R_5, R_6 a při konstrukci zesilovače udržet co nejmenší rozptylové kapacity.

Zapojení teplotně kompenzovaného předzesilovače čecího zesilovače, který slouží ke zvětšení vstupní citlivosti, je na obr. 41. Pracuje-li paměť s rozměrově velmi malými jádry, může mít výstupní signál jader právě

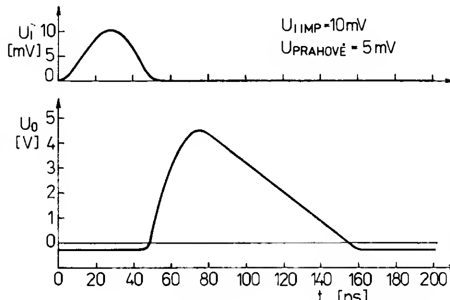


Obr. 41. Zapojení čtecího zesilovače s dvojitým komparátorem řady 711 a tepelně kompenzovaným předzesilovačem, který se vyznačuje zvětšenou vstupní citlivostí

velikost řádu napětí na zesilovači. V tomto případě se předřadí předzesilovač před vlastní čtecí zesilovač. Protože i u něj se projevuje vstupní napěťová nesymetrie, budí se střídavým signálem. Diferenční stupeň jako předzesilovač má zesílení 10. Výstupy diferenčního stupně jsou spojeny se vstupy vlastního čtecího zesilovače, jehož prahové napětí je nastaveno asi na 50 mV. Cívka L_1 zmenšuje napěťovou nesymetrii vstupních tranzistorů, takže není třeba používat párované či jinak vybírané tranzistory. Předzesilovač je tepelně kompenzován v celém rozsahu dovolených provozních teplot. Správnou volbou předpětí U_B tranzistoru T_3, jehož optimální napětí 1,4 V bylo navrženo experimentálně, je možné udržet konstantní rovněž napěťové zesílení předzesilovače v celém teplotním rozsahu. U zapojení s tranzistory, které při pokojové teplotě mají proudový zesilovací činitel max. 50, je stabilita zapojení ±5 % v teplotním rozsahu teploty okolí 0 až 70 °C. V užším teplotním rozsahu při předpětí $U_B = 1,3$ V se přesnost zesílení zvětší až na ±1 %.

Zesílení a tím též úroveň prahového napětí vztažená na vstup se nastaví vyvážením rezistorem R_7. V popsaném zapojení je prahová úroveň čtecího signálu asi 5 mV. Přenosové vlastnosti jednoho čtecího impulsu 10 mV jsou na obr. 42. Zvětšením kolektorového proudu ve vstupním stupni nad 1 mA se může přenosová funkce dále zlepšit.

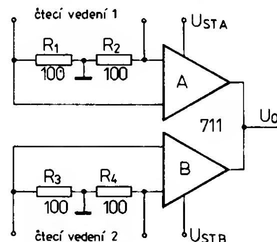
Určité druhy paměťových systémů mají pro logickou úroveň 1 a 0 výstupní signály opačné polarity. V těchto zesilovačích můžeme použít po jednom systému dvojitého komparátoru řady 711 v každém čtecím ve-



Obr. 42. Průběh vstupních impulsů 10 mV při prahovém napětí 5 mV čtecího zesilovače podle zapojení obr. 41

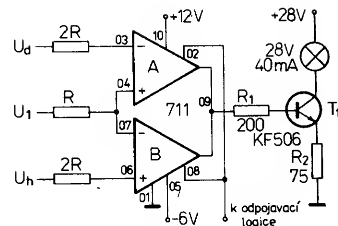
dení jako čtecího zesilovače. Komparátor může sám rozeznávat průchod vstupního signálu nulou, zapojení není proto nutno vybavovat odporovou sítí pro nastavení prahové úrovně. Oba systémy komparátoru se zapojí jako dvojitý čtecí zesilovač se společným výstupem (obr. 43). Pro řízený logický systém se mohou oddělit z obou vodičů čtecího vedení výstupní impulsy tak, že se oba systémy dotazují navzájem nezávislými vzorkovacími impulsy.

I když komparátory řady 711 jsou určeny pro čtecí zesilovače jádrových pamětí, jsou



Obr. 43. Zapojení dvojitého čtecího zesilovače s dvojitým komparátorem řady 711 pro napěťové systémy s kladnými a zápornými výstupními signály

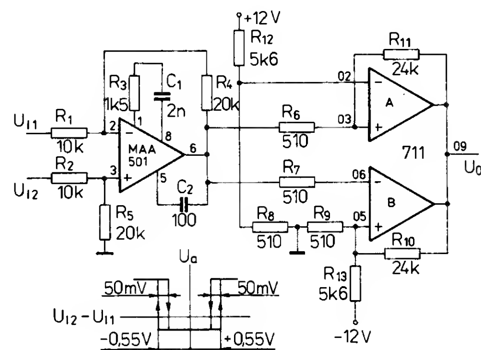
tyto součástky natolik všestranné, že se mohou používat v mnoha jiných zapojeních. Zapojení na obr. 44 představuje detektor mezních úrovní pro testovací zařízení typu GO/NO-GO. Zapojení vydává kladné výstupní impulsy, jestliže vstupní signál překročí nebo nedosáhne obou, navzájem nezávislých nastavitelných prahových úrovní U_d a U_h. Výstup je spojen se „žárovkovým" zesilovačem, který rozsvítí žárovku vždy, jakmile vstupní signál překročí mezní úroveň. Nepřejeme-li si indikaci žárovkou, může se výstup uzavřít signálem 0 V na vzorkovacích vstupech ST. Velkou předností je možnost propojit až osm dvojitých komparátorů do jednoho výstupu, kterým se pak může řídit jedna indikační žárovka. Při návrhu zapojení se musí splnit podmínka správné volby odporu rezistorů napěťových prahových úrovní a vstupního signálu, které musí být v daném vzájemném poměru a jejich absolutní veli-



Obr. 44. Zapojení detektoru mezních hodnot s dvojitým komparátorem řady 711 pro testovací přístroje typu Go/No-Go

kost musí být pokud možno co nejmenší, čímž bude závislá jen přesnost vstupní proudové nesymetrie (max. 20 μA), nikoli vstupní klidový proud (max. 200 μA). Protože odpor vlákna žárovky za studena je malý, musí se vrcholový proud žárovkového zesilovače omezit v okamžiku zapnutí pomocí rezistoru R_2. Rezistor R_1 omezuje výstupní proud komparátoru v době, kdy je tranzistor T_1 v nasyceném stavu.

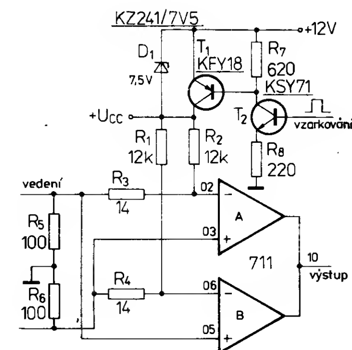
Další zajímavé zapojení na obr. 45 znázorňuje komparátor ve spojení s operačním zesilovačem MAA501, který pracuje jako oddělovací stupeň a rozdílový zesilovač



Obr. 45. Zapojení detektoru prahových hodnot se symetrickým diferenčním stupněm

v detektoru prahových úrovní, jehož horní a dolní prahové napětí si podrží hysterezi. S uvedenými součástkami bude na výstupu komparátoru signál, bude-li rozdíl vstupního napětí $U_{I1} - U_{I2}$ větší než 0,55 V; hystereze je přitom 50 mV.

Jednoduchý způsob vzorkování dvojitého komparátoru řady 711 v zapojení snímacího zesilovače pomocí přídavného klíčovacího obvodu s rezistorovou sítí a tranzistory KFY18 a KSY71 je na obr. 46. Tímto zapojením je možné zmenšit příkon komparátoru ve stavu provozní připravenosti asi na 40 mW. Vstupní rezistorová síť pro úpravu prahové úrovně, kombinovaná s velkým na-



Obr. 46. Zapojení snímacího zesilovače s dvojitým komparátorem řady 711 se vzorkováním napájecího zdroje pro snížení příkonu komparátoru

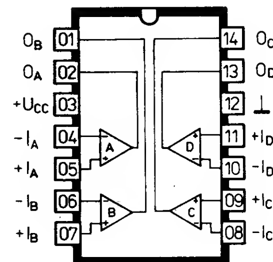
pěťovým zesílením komparátoru, předchází mnoha nepřesnostem při návrhu běžných snímacích zesilovačů.

Upozornění: Číslování vývodů dvojitého komparátoru ve všech uvedených doporučených zapojeních se vztahuje ke komparátorům v pouzdru DIL-14, zapojení vývodů podle obr. 29.

Čtyřnásobné komparátory βM339, βM2901, βM3302

Rumunský výrobce polovodičových součástek I.P.R.S. vyrábí řadu pěti typů čtyřnásobných, na sobě zcela nezávislých přesných komparátorů βM339, βM2901 a βM3302, jejichž hlavní přednost spočívá v napájení z jednoho nesymetrického napájecího zdroje (široký rozsah napájecího napětí). Komparátory se mohou napájet rovněž souměrným napájecím napětím, přičemž odebíraný napájecí proud je nezávislý na použitém způsobu napájení. Hlavní obor použití komparátorů je v multivibrátorech, logických členech AND nebo OR, v generátorech časově zpožděných impulsů, generátorech pravoúhlých impulsů apod.

Vnitřní elektrické zapojení jednoho ze čtyř systémů komparátoru, integrovaných na společné křemíkové podložce, je pro všechny typy řady na obr. 47. Všechny systémy komparátorů jsou elektricky naprosto shodné. Na vstupech komparátorů jsou použity tranzistory p-n-p v Darlingtonově zapojení. Konstrukce zapojení je volena tak, aby komparátory mohly pracovat s asymetrickým napětím již od +2,0 V, se symetrickým napětím již od ±1,0 V. Největší přípustné napájecí napětí je omezeno na 36 V nebo ±18 V (u typu βM3302 28 V nebo ±14 V). Průměrný napájecí proud jednoho systému je pouze 0,8 mA při napájecím napětí +5 V. Všechny

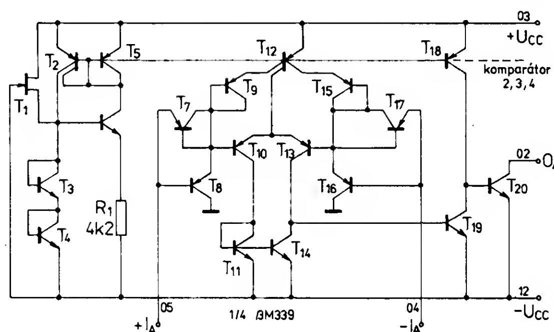


Obr. 48. Zapojení vývodů čtyřnásobných komparátorů βM339, βM2901, βM3302, ROB339

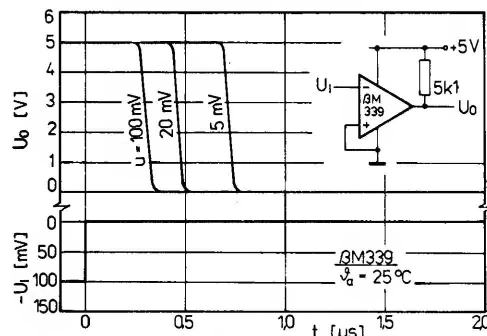
komparátory řady se dále vyznačují vstupní napěťovou nesymetrií typicky ±2 mV, proudovou nesymetrií 25 nA a vstupním klidovým proudem 25 nA. Komparátory jsou slučitelné se všemi používanými řadami logických in-

Tab. 14. Elektrické údaje βM339, βM2901, βM3302

Mezní údaje	
Napájecí napětí nesymetrické:	U_{CC} = 2 až 36 V,
βM3302:	U_{CC} = 2 až 28 V.
Napájecí napětí symetrické:	U_{CC} = ±1 až ±18 V,
βM3302:	U_{CC} = ±1 až ±14 V.
Vstupní napětí	
$-U_{CC}$ = 0 V:	U_I = −0,3 v až $+U_{CC}$.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} \leqq$ 36 V,
βM3302:	$U_{ID} \leqq$ 28 V.
Vstupní proud	
$U_I \leqq$ −0,3 V:	$I_I \leqq$ 50 mA.
Výstupní proud zkratový vůči zemi:	$I_{OS} \leqq$ 20 mA.
Rozsah pracovní teploty okolí	
βM339, βM2901, βM3302:	ϑ_a = 0 až + 70°C,
βM339V:	ϑ_a = −25 až +85 °C,
βM339M:	ϑ_a = −55 až +125 °C.
Teplota přechodu:	ϑ_j = 125 °C,
βM339M:	ϑ_j = 150 °C.
Rozsah skladovací teploty	
βM339, βM2901, βM3302:	ϑ_{stg} = −25 až +125 °C,
βM339V:	ϑ_{stg} = −40 až +125 °C,
βM339M:	ϑ_{stg} = −55 až +125 °C.
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} \leqq$ 500 mW.
Tepelný odpor přechod-okolí:	$R_{thja} \leqq$ 200 K/W.
Charakteristické údaje Platí při ϑ_a = 25 °C, $+U_{CC}$ = 5 V, $-U_{CC}$ = 0 V, R_L zapojen z výstupu proti $+U_{CC}$	
Vstupní napěťová nesymetrie	
βM339:	U_{I0} = jmen. 2; ≦ 5 mV,
βM2901:	U_{I0} = jmen. 2; ≦ 7 mV,
βM3302:	U_{I0} = jmen. 3; ≦ 20 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
βM339, βM2901:	I_{I0} = jmen. 5; ≦ 50 nA,
βM3302:	I_{I0} = jmen. 3; ≦ 100 nA.
Vstupní klidový proud	
βM339, βM2901:	$I_{IB} \leqq$ 250 nA,
βM3302:	$I_{IB} \leqq$ 500 nA.
Napájecí proud	
$+U_{CC}$ = 30 V, $R_L = \infty$:	$+I_{CC}$ = 0,8; ≦ 2 mA.
Vstupní napětí nesymetrické:	U_I = 0 až $+U_{CC}$ −1,5 V.
Napěťové zesílení	
$+U_{CC}$ = 15 V, $R_L \geqq$ 15 kΩ.	
βM339:	A_u = jmen. 200; ≧ 50 V/mV,
βM2901:	A_u = jmen. 100; ≧ 25 V/mV,
βM302:	A_u = jmen. 30; ≧ 2 V/mV.
Doba zpoždění signálu při velkém vstupním signálu	
U_I = úroveň TTL, R_L = 5,1 kΩ	
U_O = 5 V, U_{REF} = 1,4 V:	t = jmen. 300 ns.
Doba zpoždění signálu	
R_L = 5,1 kΩ, U_O = 5 V:	t = jmen. 1,3 µs.
Výstupní proud	
$U_{I-} \geqq$ 1 V, U_{I+} = 1,5 V:	I_{OS} = jmen. 16; ≧ 6 mA.
Saturační napětí	
$U_{I-} \geqq$ 1 V, U_{I+} = 0 V, I_{SAT} = 4 mA	
βM339:	U_{SAT} = jmen. 250; ≦ 400 mV,
βM2901:	$U_{SAT} \leqq$ 400 mV,
βM3302:	$U_{SAT} \leqq$ 500 mV.
Výstupní proud zbytkový	
$U_{I-} \geqq$ 1 V, U_{I+} = 0 V, U_0 = 5 V:	I_{OB} = jmen. 0,1 nA.



Obr. 47. Vnitřní elektrické zapojení čtyřnásobných komparátorů βM339, βM2901, βM3302



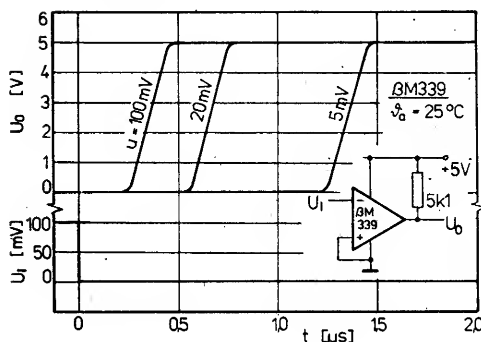
Obr. 49. Závislost doby zpoždění průchodu záporného signálu při přebuzení komparátorů řady βM339 vstupním signálem 5 mV, 20 mV a 100 mV

Platí při $+U_{CC}$ = 5 V,	
βM339, βM2901, βM3303	ϑ_a = 0 až +70 °C,
βM339V	ϑ_a = −25 až +85 °C,
βM339M	ϑ_a = −55 až +125 °C.
Vstupní napěťová nesymetrie	
βM339, βM339M, βM339V:	$U_{I0} \leqq$ 9 mV,
βM2901:	$U_{I0} \leqq$ 15 mV,
βM3302:	$U_{I0} \leqq$ 40 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
βM339, βM339V:	$I_{I0} \leqq$ ±150 nA,
βM339M:	$I_{I0} \leqq$ ±100 nA,
βM2901.	$I_{I0} \leqq$ ±200 nA,
βM3302:	$I_{I0} \leqq$ ±500 nA.
Vstupní klidový proud	
βM339, βM339V:	$I_{IB} \leqq$ 400 nA,
βM339M:	$I_{IB} \leqq$ 300 nA,
βM2901:	$I_{IB} \leqq$ 500 nA,
βM3302:	$I_{IB} \leqq$ 1000 nA.
Vstupní napětí nesymetrické:	U_I = 0 až −2 V
Saturační napětí	
$U_{I+} \geqq$ 1 V, U_{I-} = 0 V, I_{SAT} = 4 mA:	$U_{sat} \leqq$ 700 mV.
Vstupní napětí diferenční	
$U_I > -U_{CC}$:	$U_{ID} \leqq$ 36 V,
βM2901, βM3302:	$U_{ID} \leqq +U_{CC}$ V.
Výstupní proud zbytkový	
$U_{I+} \geqq$ 1 V, U_{I-} = 0 V, U_0 = 30 V:	$I_{OB} \leqq$ 1,0 µA.

tegrovaných obvodů TTL, DTL, ECL, MOS a CMOS.

Komparátory jsou v plastovém pouzdru DIL-14 s 2× sedmi vývody ve dvou řadách. Zapojení vývodů komparátorů je na obr. 48. Funkce vývodů: $+I_A$, $+I_B$, $+I_C$, $+I_D$ – neinvertující vstupy systémů A, B, C, D, $-I_A$, $-I_B$, $-I_C$, $-I_D$ – invertující vstupy, O_A, O_B, O_C, O_D – výstupy systémů A, B, C, D, $+U_{CC}$ – napájecí napětí kladné, ⊥ – zemnicí bod.

Všechny komparátory řady jsou vyráběny společně jednou techologií. Navzájem se odlišují pouze některými elektrickými vlastnostmi, což je patrné z tab. 14 s elektrickými údaji. Dynamické vlastnosti komparátorů blíže definují grafické závislosti doby zpoždění průchodu signálu. Na obr. 49 je závislost při průchodu záporného signálu pro přebuzení vstupním signálem 5 mV, 20 mV a 100 mV, na obr. 50 při průchodu kladného signálu pro stejná vstupní přebuzení. Obě závislosti platí při nesouměrném doporučeném napájecím napětí +5 V.



Obr. 50. Závislost doby zpoždění průchodu kladného signálu při přebuzení komparátorů řady βM339 vstupním signálem 5 mV, 20 mV a 100 mV

Příklady použití

Komparátory řady βM339 mají velký zisk, jsou širokopásmové, což jako u všech napěťových komparátorů vede k oscilacím (jestliže se jejich výstupní vývod dobře neodstíní), je to způsobeno nežádoucí kapacitní vazbou mezi výstupem a vstupem. Oscilace se projevují hlavně v závislosti na výstupním napětí při změně stavu komparátoru. K vyřešení tohoto problému nestačí blokovat vývody napájecího napětí, nejúčinnější je pozorný návrh desky s plošnými spoji, na níž se na minimum omezí možnost vzniku nežádoucí vazby výstupu na vstup.

Zmenšení odporu vstupního rezistoru na max. 10 kΩ zmenšuje úroveň zpětnovazebního signálu i již poměrně malou hysterezi kladné zpětné vazby (pohybuje se v rozmezí od 1,0 do 10 mV), pokud je to pro zamýšlené použití nežádoucí. Vnější součástky (rezistory) se musejí připojovat přímo na vývody integrovaného obvodu, čímž se rovněž zamezí nežádoucím oscilacím vazbou výstupu na vstup při krátkých časových intervalech průchodu signálu komparátorem (není-li použito hystereze).

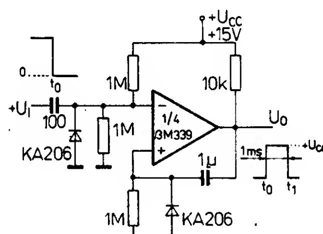
Má-li vstupní signál impulsní průběh s poměrně krátkou dobou náběhu a poklesu, není žádoucí využívat hystereze. Všechny vývody nevyužitých komparátorů jednoho integrovaného obvodu se musejí uzemnit.

Vstupní diferenční napětí může být větší než použité napájecí napětí $+U_{CC}$, aniž by hrozilo nebezpečí poškození součástky, je však třeba udělat taková opatření, aby se zabránilo působení záporného vstupního napětí, které se nesmí zmenšit pod −0,3 V (při teplotě 25 °C). Vstupy se musejí opatřit záchytnými diodami, jak je to patrné z některých doporučovaných zapojení. K tomuto účelu jsou nejvhodnější rychlé křemíkové diody, např. TESLA KA206, KA207, popříp. dovážené diody 1N4148 kteréhokoli výrobce.

Výstup komparátoru tvoří jednoduchý tranzistor n-p-n s otevřeným kolektorem v zapojení se společným emitorem. K zavedení logické funkce Wired-OR se může navzájem spojit několik výstupů komparátorů stejného typu. Výstupní rezistor se může bez omezení připojit k jakémukoli zdroji napájecího napětí s rozsahem přípustného napětí. Výstup se může použít rovněž jako jednoduchý spínač pracující vůči zemi (bez zatěžovacího odporu vůči kladnému pólu napájecího zdroje).

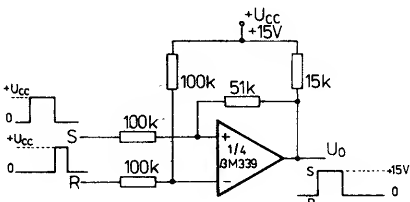
Proud, kterým se může výstup zatížit, je omezen na max. 20 mA (nezávisí na použitém napájecím napětí $+U_{CC}$), což většinou postačí k vybuzení běžných následujících stupňů. Jestliže se proudový limit překročí (přibližně při 16 mA), výstupní tranzistor přejde ze stavu nasycení a výstupní napětí se velmi rychle zvětší. Výstupní saturační napětí je omezeno saturačním odporem (přibližně 60 Ω) výstupního tranzistoru. Malé zbytkové napětí výstupního tranzistoru (1 mV) způsobí sepnutí výstupu nezbytně na úroveň země při malém zatěžovacím proudu.

Zapojení jednoho systému komparátoru obvodu βM339 řady jako monostabilní multivibrátor je na obr. 51. Oscilátor se spouští sestupnou hranou vstupního impulsu pravoúhlého tvaru. Výstupní impuls má šířku typicky 1 ms. Vstup komparátoru je vybaven omezovací diodou KA206.



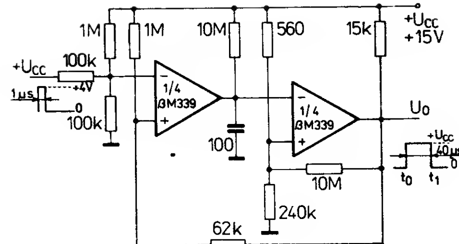
Obr. 51. Zapojení komparátorů řady βM339 jako monostabilní multivibrátor

Bistabilní multivibrátor v zapojení podle obr. 52 využívá rovněž jednoho komparátoru. Na neinvertující vstup se přivádí impuls s trváním t_1, na invertující vstup impuls s trváním t_2. Na výstupu multivibrátoru je výsledný impuls s dobou trvání $t_0 = t_1 + t_2$. Bude-li velikost obou vstupních napětí stejná, bude mít výstupní impuls napětí stejně velké jako vstupní imulsy.



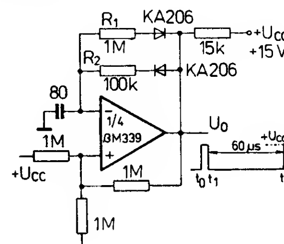
Obr. 52. Bistabilní multivibrátor s komparátorem řady βM339

Monostabilní multivibrátor se vstupem uzavíraným výstupem, osazený dvěma komparátory βM339, je na zapojení podle obr. 53. Multivibrátor přemění vstupní pravoúhlý impuls s dobou trvání 1 μs a napětím +4 V na výstupní impuls s trváním 40 μs a napětím rovným použitému $+U_{CC}$.



Obr. 53. Monostabilní multivibrátor s komparátorem řady βM339; vstupní signál uzavírá výstup komparátoru

Velmi jednoduché je zapojení generátoru impulsů s dobou trvání 6 μs a dobou mezi impulsy 60 μs, u něhož postačí pouze jeden komparátor z obvodu βM339. Napětí impulsů se rovná použitému napájecímu napětí $+U_{CC}$. Při větším poměru rezistorů R_1:R_2 se může dioda D_1 vypustit. Návrh zapojení je na obr. 54.



Obr. 54. Generátor pravoúhlých impulsů s komparátorem řady βM339 s dobou trvání výstupního impulsu 6 μs

Generátor časově zpožděných impulsů, který je na obr. 55, vyžaduje všechny čtyři komparátory obvodu βM339. Jeden z nich zpracovává vstupní hradlovací signál, jehož napětí se rovná napájecímu napětí $+U_{CC}$. Na výstupu každého ze tří komparátorů, jejichž vstupy jsou připojeny k výstupu prvního, se může odebírat výstupní napětí určité velikosti, které odpovídá časovému zpoždění výstupních impulsů jednotlivých komparátorů. Závislost časového zpoždění na jednotlivých výstupech komparátoru je v levém dolním rohu obr. 55.

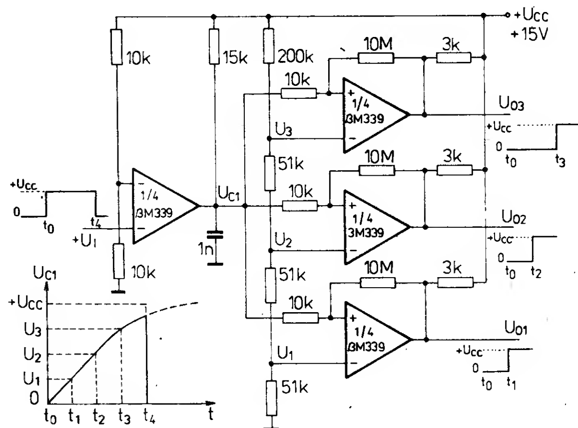
Ke zhotovení oscilátoru s pravoúhlým výstupním signálem s kmitočtem 100 kHz a napětím rovným napájecímu napětí postačí jeden komparátor obvodu βM339. K funkci oscilátoru postačí jeden kondenzátor a pět rezistorů v zapojení podle obr. 56. Změnu kmitočtu ovlivňuje odpor rezistoru R_4 a kondenzátor C_1. Kmitočet oscilátoru při změněných hodnotách součástek lze určit z přibližného vztahu

$f \doteq 1{,}4 R_4 C_1$.

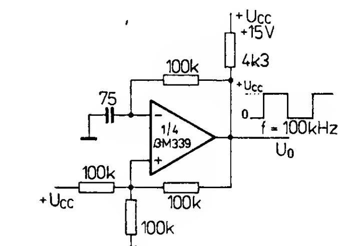
Popisované komparátory se mohou rovněž použít k vytvoření logických členů AND v zapojení obr. 57 a OR v zapojení obr. 58. Funkce výstupního napětí je dána součinem U_0 = A.B.C. Čtyři komparátory se spojenými výstupy v zapojení na obr. 59 tvoří logický člen Wired-OR.

Způsob řízení logických obvodů TTL komparátorem βM339 je na obr. 60, logických obvodů CMOS na obr. 61. Stejně jednoduché a zajímavé zapojení je rozhraní mezi obvody logiky TTL a MOS podle obr. 62, ke kterému postačí pouze jeden komparátor βM339. V tomto případě se musí použít dvě napájecí napětí (pro logiku TTL napětí +5 V, pro logiku MOS napětí −12 V) a vnější referenční napětí +1,4 V.

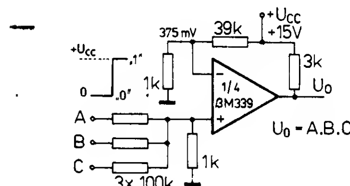
Všechna popsaná zapojení kromě posledních dvou (obr. 60 a 62) jsou volena pro nesymetrické napájecí napětí +15 V. Uvedené příklady jsou vybraná zapojení, skutečných možností využití komparátorů je však velké množství. Je samozřejmé, že ve všech



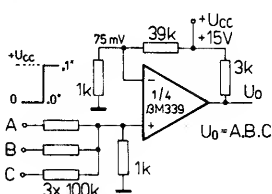
Obr. 55. Generátor časově zpožděných impulsů s plným využitím integrovaných obvodů řady βM339



Obr. 56. Oscilátor s pravoúhlým výstupním signálem 100 kHz, osazený komparátorem řady βM339



Obr. 57. Logický člen AND s komparátorem řady βM339



Obr. 58. Logický člen OR s komparátorem řady βM339

popsaných zapojeních se mohou použít též komparátory βM2901 nebo βM3302 při respektování jejich mezních a charakteristických údajů.

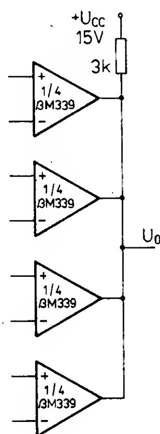
Popsané integrované komparátory rumunské výroby jsou obdobou komparátorů americké výroby firem National Semiconductor a Fairchild podle následujícího přehledu:

Typ Obdoba	National Semiconductor	Fairchild
βM339	LM339	μA339
βM339M	LM239	μA239
βM339V	LM139	μA139
βM2901	LM2901	μA2901
βM3302	LM3302	μA3302

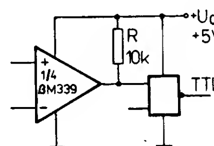
Tab. 15. Elektrické údaje ROB339

Mezní údaje	
Napájecí napětí:	$U_{CS} \leqq 36$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} \leqq 36$ V.
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} \leqq 670$ mW.
Rozsah pracovní teploty okolí:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $U_{CC} = +5$ V	
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S = 0\ \Omega$, $U_O = 1{,}4$ V:	U_{IO} = jmen. 2; $\leqq 5$ mV.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 2,5; $\leqq 250$ nA.
Napěťové zesílení $R_L = 15$ kΩ, $U_{CC} = 15$ V:	A_u = jmen. 200 000 V/V.
Výstupní saturační napětí $I_O = 4$ mA, $-U_I = 1$ V, $+U_I = 0$ V:	$U_{0\ sat}$ = jmen. 0,25; $\leqq 0{,}4$ V.
Doba zpoždění průchodu signálu[1]) $R_L = 5{,}1$ kΩ, $U_{OS} = 5$ V:	t_{rs} = jmen. 1,3 μs.
Napětí společného módu:	$U_{CM} = 0$ až $-1{,}5$ V..
Výstupní proud $-U_I = 1$ V, $+U_I = 0$ V:	I_0 = jmen. 16; $\geqq 6$ mA.

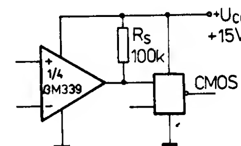
1) Doba zpoždění je interval mezi začátkem vstupního skoku 100 mV s přebuzením 5 mV a dobou, kdy na výstupu vznikne logické prahové napětí.



Obr. 59. Logický člen Wired-OR s komparátorem řady βM339



Obr. 60. Zapojení pro řízení logických obvodů TTL komparátorem řady βM339



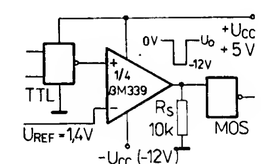
Obr. 61. Zapojení pro řízení logických obvodů CMOS komparátorem řady βM339

Čtyřnásobný komparátor ROB339

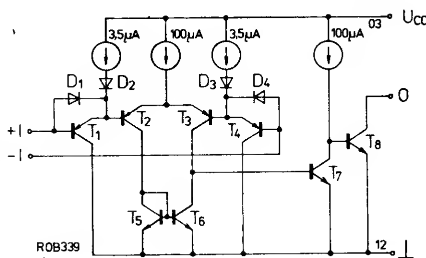
Druhý výrobce polovodičových součástek v Rumunsku, CCSIT-S, vyrábí další typ monolitického čtyřnásobného komparátoru, ROB339, který má v podstatě stejné užitné vlastnosti jako již popsaný typ komparátoru βM339. Může se napájet z jednoho kladného zdroje napětí v rozsahu od 2 V do 36 V nebo kladného a záporného zdroje napětí od ±1 V do ±16 V. Komparátor má malý příkon asi 2 mW (jednoho systému) při napájení jedním napětím +5 V. Výstup s otevřeným kolektorovým vývodem je slučitelný s obvody logiky DTL, TTL, ECL, MOS a CMOS.

Elektrické údaje komparátoru ROB339 jsou v tab. 15. Protože se poněkud odlišují od typu βM339, musí se odchylky, i když jsou malé, respektovat při návrhu pracovního zapojení. Zapojení vývodů komparátoru ROB339 (je shodné s βM339) je na obr. 48. Zjednodušené vnitřní elektrické zapojení je na obr. 63.

Všechna zapojení doporučená pro komparátory βM339 se mohou plně využít rovněž ve spojení s komparátorem ROB339.



Obr. 62. Rozhraní logiky TTL a MOS s jedním komparátorem řady βM339



Obr. 63. Zjednodušené vnitřní elektrické zapojení jednoho systému čtyřnásobného komparátoru ROB339

Velmi rychlý diferenční komparátor μA760PC

Maďarský výrobce MEV (dříve Tungsram) je výrobcem speciálního, velmi rychlého diferenčního napěťového komparátoru μA760PC, který se vyznačuje velkou rychlostí zpracování signálu (max. 25 ns) a napájí se ze symetrického zdroje malého napětí v rozsahu od ±4,5 do ±6,5 V. Komparátor se může používat ve velmi rychlých systémech analogově-číslicových převodníků a jako detektor průchodu nuly v diskových a páskových paměťových zesilovačích. Výstup komparátoru se vyznačuje vyváženými dobami náběhu a poklesu signálu pro minimální činitel sklonu impulsů a uzavřeným výběrem mezi komplementárními výstupy. Výstupy komparátoru jsou slučitelné s logikou TTL, při zátěži dvěma logickými hradly je zaručováno minimální zmenšení výkonu.

Vnitřní elektrické zapojení komparátoru μA760PC je na obr. 64. Dodává se v plastovém pouzdru DIL-14 s 2× sedmi vývody ve dvou řadách. Zapojení vývodů komparátoru je na obr. 65. Funkce vývodů: *01, 02, 03* – nepoužité vývody, *04* – vstup 2, *05* – vstup 1, *06* – přípoj záporného napájecího napětí, *07, 08* – nepoužité vývody, *09* – zemnicí vývod, *10* – výstup 2, *11* – výstup 1, *12* – přípoj kladného napájecího napětí, *13, 14* – nepoužité vývody.

Elektrické údaje komparátoru jsou v tab. 16. Vstupní vlastnosti jsou srovnatelné s běžnými napěťovými komparátory, výstupní napětí jsou volena tak, aby se komparátor mohl používat ve spojení s běžnou logikou TTL. Rychlost a přesnost činnosti je definována dobou zpoždění průchodu sinusového signálu o kmitočtu 10 MHz mezivrcholového napětí 30 mV a 2 V a impulsním signálem se vstupním krokem 100 mV. Přesnost obou výstupů zaručují čtyři měření doby rozdílu průchodu signálu mezi oběma výstupy, která nesmí překročit 5 ns, popřip. 10 ns. Doba zpoždění signálu se prakticky nemění při záporném vstupním napětí od 4 V do 10 V, kdy je 20 ns, při kladném vstupním napětí se zkrátí z 28 ns při 4 V na 22,5 ns při napětí 10 V.

Diferenční komparátor μA760PC je prakticky univerzální součástka pro zapojení detektorů, linkových přijímačů, rychlých převodníků apod. Zapojení na obr. 66 předvádí jednoduchost rychlého detektoru kladných vrcholových napětí. Vstupní měřený signál se přivádí na vstup 1, šířka vstupních impulsů má být okolo 50 ns.

Na obr. 67 je zapojení úrovňového detektoru s hysterezí s integrovaným obvodem μA760PC. Zapojení detektoru s přechodem v nule, v němž jsou použity dva komparátory μA760PC, je na obr. 68. Detektor pracuje se vstupním signálem v kmitočtovém rozsahu 300 Hz až 3 MHz, který musí mít mezivrcholové napětí nejméně 20 mV. Celková doba zpoždění detektoru je průměrně 30 ns.

Stejně jednoduché je zapojení linkového přijímače s velkým rozsahem pracovního režimu podle obr. 69. Rozsah pracovního režimu je dán vztahem

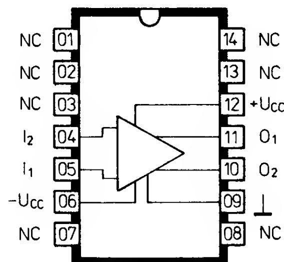
$$\pm 4 \frac{R_S}{50} \quad [V],$$

vstupní diferenční citlivost

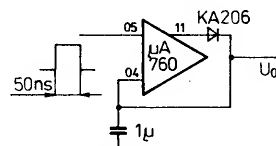
$$5 \frac{R_S}{50} \quad [mV].$$

K nastavení optimálního pracovního režimu se použije potenciometr P_1, který je součástí vstupního odporu R_S. Při doporučeném odporu rezistoru R_S ve vstupu (200 Ω) se dosáhne rozsahu společného napětí ±16 V a citlivosti přijímače 20 mV.

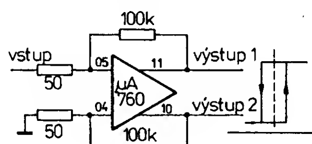
Návrh velmi rychlého tříbitového analogově-číslicového převodníku je na obr. 70. V zapojení je použito sedm komparátorů μA760PC, které pracují s paralelními vstupy. Výstupní signál z komparátorů se přivádí na vstupy logických členů NAND obvodu MH7400, výstupní signál ze středního (pořadím čtvrtého) komparátoru (výstup *11*) slouží jako nejvyšší platný bit MSB. Výstupní signály ostatních komparátorů upravují logické členy NAND obvodů MH7400 a MH7440 na výstupní středně platný bit a nejnižší platný bit LSB. Rozsah vstupního napětí převodníku je 3,5 V, typická rychlost převodu 30 ns.



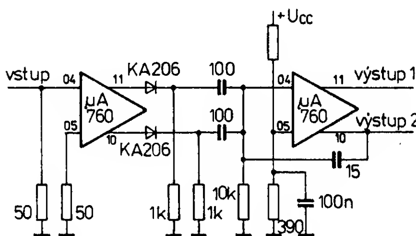
Obr. 65. Zapojení vývodů komparátorů μA760PC, ROB760 v plastovém pouzdru DIL-14



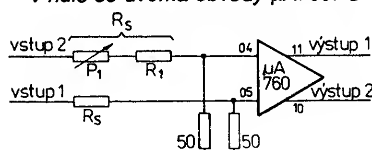
Obr. 66. Rychlý detektor kladných vrcholových napětí s komparátorem řady μA760PC



Obr. 67. Úrovňový detektor s hysterezí osazený komparátorem μA760PC



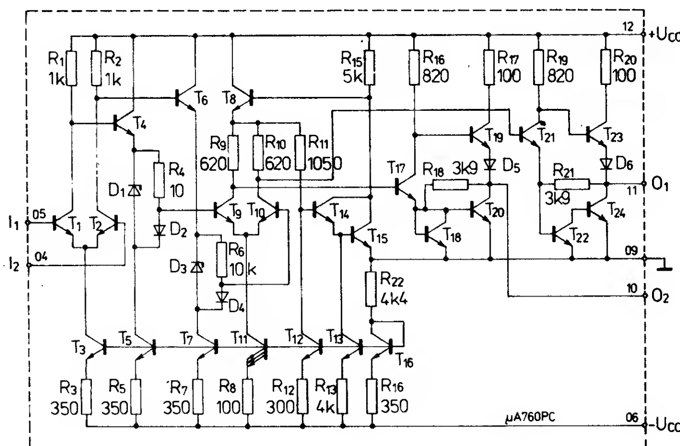
Obr. 68. Zapojení detektoru s přechodem v nule se dvěma obvody μA760PC



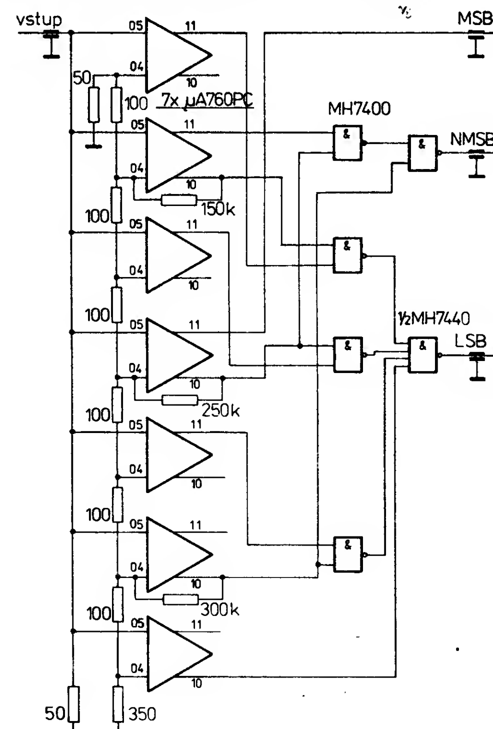
Obr. 69. Linkový přijímač s velkým pracovním rozsahem osazený komparátorem μA760PC

Velmi rychlý diferenční komparátor ROB760

Rumunský výrobce CCSIT-S vyrábí velmi rychlý diferenční napěťový komparátor pod označením ROB760, který je obdobou komparátoru μA760. Napájí se ze symetrického zdroje napětí od ±4,5 do ±6,5 V. Krátká doba vybavení převodníku – průměrně



Obr. 64. Vnitřní elektrické zapojení komparátorů μA760PC a ROB760



Obr. 70. Velmi rychlý tříbitový analogově-číslicový převodník se sedmi komparátory μA760PC

Tab. 16. Elektrické údaje μA760PC

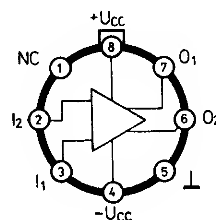
Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$U_{CC1} \leqq +8$ V.
Napájecí napětí záporné:	$U_{CC2} \geqq -8$ V.
Výstupní proud vrcholový:	$I_{OM} \leqq 10$ mA.
Vstupní napětí souřázově:	$U_{IC} \leqq \pm U_{CC}$V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} \leqq \pm 5$ V.
Ztrátový výkon celkový $\vartheta_a \leqq 70$ °C:	$P_{tot} \leqq 670$ mW.
Rozsah pracovních teplot:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -65$ až $+150$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $U_{CC} = \pm 4{,}5$ až $\pm 6{,}5$ V, $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C. Jmenovité údaje platí při $\vartheta_a = 25$ °C, není-li uvedeno jinak	
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S \leqq 200\ \Omega$:	U_{IO} = jmen. 1; $\leqq 6$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	I_{IO} = jmen. 0,5; $\leqq 7{,}5$ μA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 8;$\leqq 60$ μA.
Výstupní odpor (každého výstupu) $U_0 = U_{0H}$:	R_O = jmen. 100 Ω.
Doba zpoždění průchodu signálu $\vartheta_a = 25$ °C 1):	t_{pd} = jmen. 18; $\leqq 30$ ns,
$\vartheta_a = 25$ °C 2):	$t_{pd} \leqq 25$ ns,
3) :	t_{pd} = jmen. 16 ns.
Rozdíl doby zpoždění průchodu signálu mezi výstupy $t_{pd}(+U_{I1}) - t_{pd}(-U_{I2})$, $\vartheta_a = 25$ °C:	$\Delta t_{pdO-O} \leqq 5$ ns,
$t_{pd}(+U_{I2}) - t_{pd}(-U_{I1})$, $\vartheta_a = 25$ °C:	$\Delta t_{pdO-O} \leqq 5$ ns,
$t_{pd}(+U_{I1}) - t_{pd}(+U_{I2})$, $\vartheta_a = 25$ °C:	$\Delta t_{pdO-O} \leqq 10$ ns,
$t_{pd}(-U_{I1}) - t_{pd}(-U_{I2})$, $\vartheta_a = 25$ °C:	$\Delta t_{pdO-O} \leqq 10$ ns.
Vstupní odpor $f = 1$ MHz:	R_I = jmen. 12 kΩ.
Vstupní kapacita $f = 1$ MHz:	C_I = jmen. 8 pF.
Střední teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie $R_S = 50\ \Omega$, $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C:	$\Delta U_{IO}/\Delta\vartheta_a$ = jmen. 3 μV/K.
Střední teplotní součinitel vstupní proudové nesymetrie $\vartheta_a = 25$ až $+70$ °C:	$\Delta I_{IO}/\Delta\vartheta_a$ jmen. 5 nA/K,
$\vartheta_a = 25$ až 0 °C:	$\Delta I_{IO}/\Delta\vartheta_a$ jmen. 10 nA/K.
Rozsah vstupního napětí $U_{CC} = \pm 6{,}5$ V:	U_I = jmen. ±4,5; $\geqq \pm 4{,}0$ V.
Rozsah vstupního diferenčního napětí:	U_{ID} = jmen. ±5,0 V.
Výstupní napětí – úroveň H každý výstup $I_O = 0$ až 5 mA, $U_{CC} = \pm 5$ V:	U_{OH} = jmen. 3,2; $\geqq 2{,}4$ V.
$I_O = 80$ μA, $U_{CC} = \pm 4{,}5$ V:	U_{OH} = jmen. 3,0; $\geqq 2{,}5$ V.
Výstupní napětí – úroveň L každý výstup $I_O = 3{,}2$ mA:	U_{OL} = jmen. 0,25; $\leqq 0{,}4$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_{CC} = \pm 6{,}5$ V:	I_{CC1} = jmen. 18; $\leqq 34$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje $U_{CC} = \pm 6{,}5$ V:	I_{CC2} = jmen. 9; $\leqq 16$ mA.

1) Doba zpoždění, měřená z bodu 50% mezivrcholového vstupního napětí 30 mV sinusového signálu 10 MHz do 50 % napětí výstupu.
2) Doba zpoždění, měřená z bodu 50% mezivrcholového vstupního napětí 2 V sinusového signálu 10 MHz do 50 % napětí výstupu.
3) Doba zpoždění, měřená od startu vstupního signálu v krocích 100 mV s přebuzením 5 mV časového okamžiku, kdy výstup překročí logickou prahovou velikost.

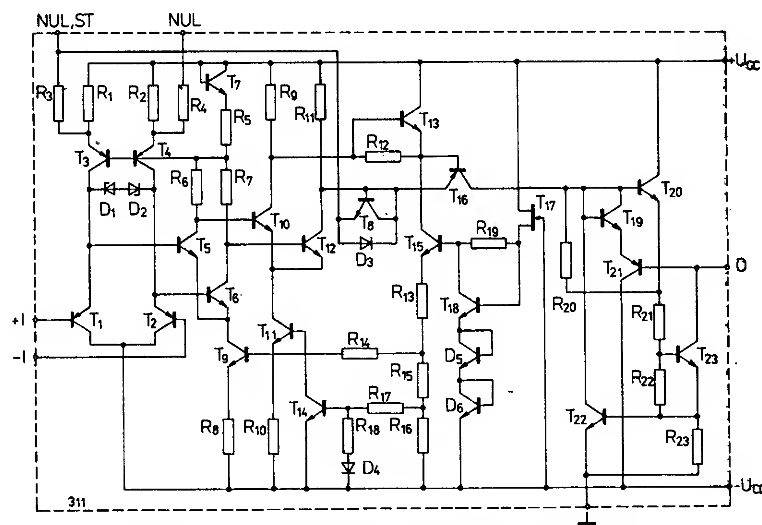
Tab. 17. Elektrické údaje ROB760

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$U_{CC1} \leqq +8$ V.
Napájecí napětí záporné:	$U_{CC2} \geqq -8$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} \leqq \pm 5$ V.
Výstupní proud:	$I_O \leqq 10$ mA.
Rozsah pracovní teploty okolí:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $U_{CC} = \pm 6{,}5$ V, není-li uvedeno jinak.	
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S \leqq 200\ \Omega$:	U_{I0} = jmen. 1; $\leqq 6$ mV.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 8; $\leqq 60$ μA.
Rozsah vstupního napětí:	U_I = jmen. ±4,5, $\geqq \pm 4{,}0$ V.
Vstupní kapacita $f = 1$ MHz:	C_I = jmen. 8 pF.
Výstupní napětí – úroveň H $U_{CC} = \pm 5$ V, $I_0 = 0$ až 5 mA:	U_{OH} = jmen. 3,2; $\geqq 2{,}4$ V.
Výstupní napětí – úroveň L $I_O = 3{,}2$ mA:	U_{OL} = jmen. 0,25; $\leqq 0{,}4$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje	$+I_{CC}$ = jmen. 18; $\leqq 34$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje:	$-I_{CC}$ = jmen. 9; $\leqq 16$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu1):	t_{rs} = jmen. 18; $\leqq 30$ ns.

1) Doba zpoždění se měří z bodu 50% mezivrcholového napětí 30 mV sinusového vstupního signálu 10 MHz do bodu 50% výstupního napětí.



Obr. 71. Zapojení vývodů komparátorů ROB760 v kovovém pouzdru TO-99



Obr. 72. Vnitřní elektrické zapojení přesného komparátoru řady 311

18 ns, max. 30 ns předurčuje tuto součástku k použití v rychlých analogově číslicových převodníkových systémech a jako detektor pracující v nule v zesilovačích diskových a páskových pamětí apod. Výstupy komparátoru jsou slučitelné s logikou TTL.

Elektrické údaje komparátoru ROB760 jsou v tab. 17. Výrobce dodává tento komparátor ve dvou různých pouzdrech. Jednak je to plastové pouzdro DIL-14 (zapojení vývodů na obr. 65), jednak v kovovém pouzdru TO-99 s osmi drátovými vývody (zapojení vývodů na obr. 71). Obě provedení komparátoru jsou určena pro použití v rozsahu teplot okolí od 0 do +70 °C. K praktickému využití se mohou převzít všechna zapojení, uvedená v popisu komparátoru μA760PC (obr. 67 až 70), která platí pro součástku v plastovém pouzdru DIL-14. Pokud se použije komparátor v kovovém pouzdře TO-99, mohou se tato zapojení rovněž použít (pozor na číslování vývodů).

Přesné napěťové komparátory řady 311

Přesné napěťové komparátory řady 311 se vyznačují malými vstupními proudy, které jsou řádově stokrát menší než vstupní proudy tradičních komparátorů řady 710, jsou určeny pro přesné komparační zesilovače nebo se mohou používat jako budiče výkonových součástek s napětím do 40 V a proudem do 50 mA. Komparátory pracují v širokém rozsahu napájecích napětí od běžných úrovní bipolárního napětí ±15 V až po unipolární napětí +5 V. Výstup komparátorů je slučitelný s obvody logiky DTL, TTL, RTL a MOS. Komparátorem se může budit relé, indikační žárovky či jiné spínací prvky. Výstupní spínací napětí do 40 V může komparátor dodávat při zatěžovacím proudu do 50 mA. Komparátory této řady vyrábějí tři výrobci v zemích RVHP – v BLR, RSR, SSSR. Vyrábějí se rovněž v podniku TESLA Rožnov pod označením MAB311 a MAC111.

Vnitřní elektrické zapojení komparátorů řady 311 je na obr. 72. Vstupy a výstupy komparátoru se mohou odizolovat od zemnícího potenciálu systému, v němž komparátor pracuje. Výstup může pracovat se zátěží vztaženou k zemnicímu, kladnému nebo zápornému napájecímu napětí. Konstrukce

systému komparátoru umožňuje vyvážit nesymetrii vstupů a galvanicky spojit výstupy několika komparátorů do společné zátěže a vytvořit tak logický člen Wired-OR nebo funkci vzorkování.

Neocenitelnou předností komparátorů je možnost napájet je bipolárním napětím ±2,5 až ±18 V, používaných u převážné většiny analogových integrovaných obvodů, nebo unipolárním kladným napětím od +5 V do +36 V (vůči vývodu $-U_{CC}$), které se používá pro napájení logických obvodů TTL a CMOS.

Funkce komparátoru je patrná z vnitřního zapojení. Stupeň integrace použitých součástek systému je IO-2 (do 100 součástek na čipu). Výrobci dodávají komparátory v několika provedeních pouzder i pro práci v různých rozsazích provozních teplot okolí. Přehled součástek podle výrobců je v tab. 18.

Nejrozšířenější jsou komparátory v plastovém pouzdru DIL-14 nebo kovovém pouzdru TO-99 s osmi drátovými vývody ve skleněné průchodce. Bulharský výrobce dodává komparátory též ve zkráceném plastovém pouzdru DIL-8. Funkce vývodů: (GND) – zemnicí bod, +I – neinvertující vstup, –I – invertující vstup, $-U_{CC}$ – přípoj záporného napájecího napětí (nebo zemnicí bod při provozu komparátoru s unipolárním kladným napájecím napětím), NUL – nulování. NUL, ST – nulování/vzorkování, O – výstup, $+U_{CC}$ – přípoj kladného napájecího napětí.

Integrované komparátory řady 311 mají stejná zapojení vývodů jako komparátory staršího typu LM306, LF111, LM710C v provedeních se stejnými pouzdry. Ve srovnání s komparátory LM306 a LM710C jsou komparátory řady 311 pomalejší (doba jejich odezvy je typicky okolo 110 ns ve srovnání s 40 ns u LM306 a LM710C), proto jsou méně náchylné k nežádoucím oscilacím.

Komparátory 1CA311E, 1CA311M

Bulharský výrobce Mikroelektronika vyrábí dva typy komparátorů řady 311. Označuje je typovým znakem 1CA311E a 1CA311M. Rozdíl je pouze v použitém plastovém pouzdru DIL-14 nebo zkráceném pouzdru DIL-8 a v poněkud zhoršených vlastnostech elektrických typu 1CA311M. Rozsah provozních teplot je u obou typů 0 až +70 °C. Výhodou provedení ve zkráceném pouzdru je úspora místa na desce s plošnými spoji, proto jsou tyto součástky určeny pro přístroje široké spotřeby s méně náročnými požadavky. Zapojení vývodů komparátorů je na obr. 73 a 74.

Komparátory ROB311

Rumunský výrobce CCSIT-S vyrábí popisovaný komparátor pod označením ROB311 ve dvou odlišných pouzdrech – v plastovém pouzdru DIL-14 a kovovém pouzdru TO-99. Zapojení vývodů je na obr. 73 a 75. Oba komparátory mohou pracovat v základním rozsahu provozních teplot od 0 do 70 °C. Výrobce zaručuje jen ty nejzákladnější elektrické vlastnosti.

Komparátory K554SA3A, K554SA3B, K521SA3

Sovětské závody polovodičových součástek vyrábějí tři provedení komparátorů řady 311. Provedení K554SA3A a K554SA3 je v plastovém pouzdru DIL-14, jsou určeny pro použití v širokém rozsahu pracovních teplot okolí a navzájem se odlišují přísnějšími specifikacemi typu K554SA3A. Starší provedení komparátoru K521SA3 je elektricky shodné s komparátorem K554SA3B, je však v kovovém pouzdru TO-99. Podle posledních informací tento typ již není vyráběn, je však používán v dovezených zařízeních.

Elektrické údaje popsaných typů komparátorů jsou v tab. 19, 20 a 21.

Tab. 18. Přehled komparátorů řady 311 podle jednotlivých výrobců v zemích RVHP

Typ	Výrobce	Rozsah provozních teplot	Pouzdro	Zapojení vývodů obr.
ROB3L1	CCSIT-S, RSR	A	DIL-14	73
ROB311	CCSIT-S, RSR	A	TO-99	75
1CA311E	Mikroelektronika, BLR	A	DIL-14	73
1CA311M	Mikroelektronika, BLR	A	DIL-8	74
K521SA3	SSSR	C	TO-99	75
K554SA3A	SSSR	C	DIL-14	73
K554SA3B	SSSR	C	DIL-14	73

Rozsah provozních teplot okolí:
A: 0 až +70 °C, C: –40 až +85 °C.

Doporučení konstruktérům

Komparátory všech popsaných typů jsou všeobecně velmi obtížně použitelné analogové součástky v praxi. Snadno se samovolně rozkmitávají při průchodu vstupních napětí komparační úrovní. Oscilace způsobují indukční a kapacitní vazby mezi výstupem a všemi ostatními signálovými vývody, hlavně pak vstupy. Další příčinou mohou být též vnitřní nebo vnější vazby komparátoru na impedanci vývodů z napájecích zdrojů. Nežádoucím obtížím se může předejít dodržením několika následujících doporučení.

Rychlé komparátory řady 311 se vyznačují při provozu s rychlým vstupním signálem a malou impedancí zdroje vstupního signálu rychlou a stabilní odezvou výstupu, ovšem za předpokladu, že zdroje napájecích napětí budou blokovány kvalitními vf monolitickými keramickými kondenzátory s kapacitou 0,1 μF. Je vhodné kombinovat keramický kondenzátor s paralelním tantalovým elektrolytickým kondenzátorem, který současně plní funkci zásobníku napájecí energie při zvětšených odběrech špičkového proudu.

Výstupní signál se musí odvádět co nejdále od vstupů komparátoru a nulovacích vývodů. Jako dobré uzemnění může posloužit tlustší vodič plošného spoje nebo měděná vrstva, která pokrývá horní desky s plošnými spoji.

Použije-li se výstupní signál se skokovým napětím nebo sinusový s nízkým kmitočtem, popříp. má-li zdroj vstupního signálu velkou impendanci (v rozmezí od 1 kΩ do 100 kΩ), bude komparátor velmi náchylný k oscilacím v okamžiku dosažení komparační úrovně. Příčinou je velký zisk a velká šířka pásma komparátoru. Oscilace a nestabilita provozu komparátoru se dá potlačit úpravou zapojení podle obr. 76.

Vyvažovací vývody vstupní napěťové nesymetrie pracují jako nežádoucí pomocné vstupy. Nejsou-li tyto vývody využívány (není-li k nim připojen vyvažovací potenciometr), musí se navzájem zkratovat. Je-li k těmto vývodům připojen vyvažovací potenciometr, musí se k němu připojit paralelní kondenzátor s kapacitou 2 až 10 nF, kterým se zamezí vazba střídavým napětím na minimální míru. Využívá-li se vývod NUL ke kladné zpětné vazbě (jako je tomu na obr. 76), postačí k přemostění potenciometru kondenzátor s menší kapacitou.

Připojí-li se paralelně ke vstupu komparátoru kondenzátor s kapacitou 100 až 1000 pF, spolehlivě se tím zajistí nezkreslený výstupní signál komparátoru.

Jestliže se zdroj vstupního signálu připojuje ke komparátoru přes rezistor R_S, musí se zvážit účelnost připojení rezistoru R'_S se stejným odporem v obvodu druhého vstupního vývodu. Oba rezistory se však musí posuzovat s ohledem na jejich stejnosměrné i dynamické vlastnosti. Doporučuje se výlučně používat uhlíkové tenkovrstvé nebo metalizované rezistory, které zajistí dobrou funkci vstupního obvodu komparátoru. Zásadně se nesmějí používat drátem vinuté rezistory, které mají velkou indukčnost.

Použije-li se v zapojení komparátoru vstupní rezistor (např. sumační rezistor), jeho odpor a umístění se musí dobře zvážit. Tělísko rezistoru má být vždy co nejblíže k vývodu integrovaného obvodu nebo k jeho objímce. Rezistor musí mít co nejkratší vývody, neboť dlouhé vývody a spoje mezi komparátorem a rezistorem vyzařují nebo zachycují nežádoucí signály z okolí. Totéž platí při použití kondenzátorů, potenciometrů a dalších součástek. Např. rezistor R_S s odporem 10 kΩ a přívod od rezistoru ke vstupním vývodům v délce 125 mm způsobí rozkmitání komparátoru, které se jen velmi obtížně potlačuje nebo tlumí. Jediným řešením je pak zkroucení nebo spletení vstupních vývodů a umístění rezistoru těsně ke komparátoru.

Protože zpětná vazba mezi téměř všemi vývody komparátoru může způsobovat oscilace, musí se deska s plošnými spoji navrhovat technicky velmi obezřetně. Především základní spoje okolo obvodu součástky mají být odstíněny. K tomu se používá jedné strany vodivé vrstvy oboustranně plátované desky. Základní fólie, popříp. vývod kladného nebo záporného zdroje se má rozprostírat mezi vstupem a výstupem, kde působí jako aktivní ochrana. Přívod ke vstupům má být co nejkratší a pokud možno má být co nejpevnější, aby se v provozu nerozkmital. Má být ze všech stran obklopen základní fólií, která chrání integrovaný obvod proti kapacitní vazbě při signálech s jakoukoli větší napěťovou úrovní. Totéž platí o výstupních signálech.

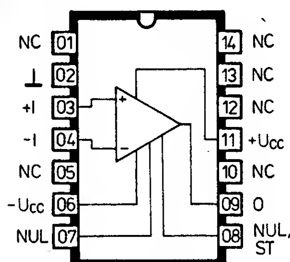
Pokud se nevyužijí nulovací vývody NUL, doporučuje se je navzájem galvanicky spojit. Připojí-li se k uvedeným vývodům vyvažovací potenciometr, má být umístěn tak, aby byl co nejdále (několik centimetrů) od integrovaného obvodu. Přímo k vývodům se připojí blokovací kondenzátor C_1 s kapacitou 10 nF. Nepoužije-li se tento kondenzátor, doporučuje se zavést stínicí fólii plošného spoje mezi vývody výstupu a vzorkování/nulování. Blokovací kondenzátory napájecích zdrojů musí být současně umístěny přímo na vývodech komparátoru. Tato opatření vyžadují rovněž jakékoli jiné typy komparátorů. Blokování napájecích zdrojů kondenzátory bezprostředně v přilehlých místech komparátoru je základní podmínkou správné funkce integrovaného komparátoru.

K zamezení vzniku nežádoucích oscilací se dále doporučuje využít hysterezi komparátoru – řízené kladné zpětné vazby z výstupu do vstupu nebo do vývodu NUL. Nežádoucímu šumu na výstupu komparátoru se vyhneme správným využitím dobrých vlastností doporučených součástek. V zapojení na obr. 77 zavedená zpětná vazba z výstupu na neinvertující vstup způsobuje hysterezi asi 3 mV. Má-li rezistor R_S větší odpor než 100 Ω (např. 50 kΩ), nebylo by přiměřené zvětšovat velikost kladné zpětné vazby rezistorem s odporem větším než 510 kΩ.

Zapojení podle obr. 78 se doporučuje použít pouze v případě, kdy potřebujeme zavést kladnou zpětnou vazbu komparátoru, který

Tab. 19. Elektrické údaje 1CA311E, 1CA311M

Mezní údaje		
Napájecí napětí:	$U \leqq 36$ V.	
Vstupní napětí souťázové:	$U_{IC} = -15$ až $+15$ V.	
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -30$ až $+30$ V.	
Napětí mezi výstupem a vývodem záporného napájecího napětí:	$U_{O/} \leqq 40$ V.	
Napětí mezi zemnicím vývodem a vývodem záporného napájecího napětí:	$U_{GND/-} \leqq 30$ V.	
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} \leqq 500$ mW.	
Teplota přechodu:	$\vartheta_j \leqq 85$ °C.	
Rozsah pracovních teplot okolí:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.	
Rozsah skladovacích teplot:	$\vartheta_{stg} = -55$ až $+125$ °C.	
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C ± 5 K, $U_{CC} = \pm 15$ V ± 5 %, není-li uvedeno jinak.		
	1CA311E	1CA311M
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S \leqq 50\ \Omega$, $I_T = 1$ mA, $U_n = 0$ V, $U_O = 14$ V, $U_O = -13$ V:	$U_{IO} \leqq 7{,}5$	$\leqq 8$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie $R_S \leqq 50\ \Omega$, $I_T = 1$ mA, $U_{CC} = \pm 2{,}5$ V:	$I_{IO} \leqq 50$	$\leqq 250$ nA.
Vstupní klidový proud $U_O = 0$ V, $U_O = 1{,}5$ V, $U_0 = -1{,}5$ V:	$I_{IB} \leqq 250$	$\leqq 500$ nA.
Napěťové zesílení $R_L = 1{,}5$ kΩ, $U_O = 0$ V, $U_O = 13$ V $U_O = -10$ V:	$A_u \geqq 40.10^3$	$\geqq 30.10^3$.
Výstupní napětí – úroveň H $R_S \leqq 50\ \Omega$, $I_{ST} = 3$ mA:	$U_{OH\ ST} \geqq 14$	$\geqq 13{,}5$ V.
Výstupní napětí – úroveň L $U_I = 0$, $I_{OL} = 50$ mA, $\Delta U_I \geqq 10$ mV: $U_I = 0$, $I_{OL} = 8$ mA, $\Delta U_I \geqq 10$ mV:	$U_{OL} \geqq 1{,}5$ $U_{OL} \geqq 0{,}4$	$\geqq 1{,}5$ V, $\geqq 0{,}5$ V.
Výstupní proud zbytkový $U_O = 35$ V, $U_I = 10$ mV:	$I_{OS} \leqq 50$	$\leqq 100$ nA.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_I = 0$ V, $U_O = U_{OL}$:	$+I_{CC} \leqq 7{,}5$	$\leqq 8{,}0$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje $U_I = 0$ V, $U_O = U_{OL}$:	$-I_{CC} \leqq 5{,}0$	$\leqq 5{,}5$ mA.
Potlačení souťázovosti $\Delta U_{IC1} = -14$ V, $\Delta U_{IC2} = 13$ V:	CMR $\geqq 70$	$\geqq 60$ dB.
Doba zpoždění průchodu signálu:	$t_d \leqq 300$	$\leqq 300$ ns.



Obr. 73. Zapojení vývodů přesného komparátoru 1CA311E, ROB311, K554SA3A, K554SA3B

+I
-I
-Ucc
+Ucc
O
NUL,
ST
NUL

Obr. 74. Zapojení vývodů přesného komparátoru 1CA311M

Tab. 20. Elektrické údaje ROB311

Mezní údaje	
Napájecí napětí mezi vývody $+U_{CC}$ a $-U_{CC}$:	$U_{CS} \leqq 36$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -30$ až $+30$ V.
Ztrátový výkon celkový:	$P_{tot} \leqq 500$ mW.
Rozsah pracovní teploty okolí:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = 25$ °C, $U_{CC} = \pm 15$ V	
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S \leqq 50$ kΩ:	U_{IO} = jmen. 2; $\leqq 7{,}5$ mV.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 2,5; $\leqq 250$ nA.
Napěťové zesílení:	A_u = jmen. 200 000.
Vzorkovací proud:	I_{ST} = jmen. 3 mA.
Výstupní saturační napětí $I_O = 50$ mA, $U_I \leqq -10$ mV:	U_{Osat} = jmen. 0,75; $\leqq 1{,}5$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje:	$+I_{CC}$ = jmen. 5,1; $\leqq 7{,}5$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje:	$-I_{CC}$ = jmen. 4,1; $\leqq 5{,}0$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu [1]):	t_{rs} = jmen. 200 ns.

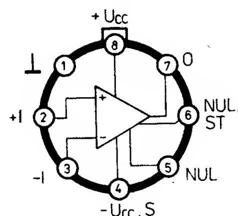
[1]) Doba zpoždění je interval mezi začátkem vstupního skoku 100 mV s přebuzením 5 mV a dobou, kdy na výstupu vznikne logické prahové napětí.

Tab. 21. Elektrické údaje komparátorů K554SA3A, K554SA3B, K521SA3

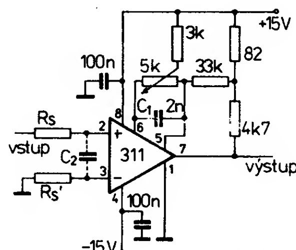
Mezní údaje			
Napájecí napětí mezi vývody *11* a *6* *8* a *4*	 K554SA3A,B: K521SA3:	 $U_{CC\ 11/6} = 4{,}5$ až 33 V, $U_{CC\ 8/4} = 4{,}5$ až 33 V.	
Vstupní napětí souťázové:		$U_I = -15$ až $+15$ V.	
Vstupní napětí:		$U_I \leqq 30$ V.	
Napětí mezi vývody *9* a *12* *7* a *1*	 K554SA3A,B: K521SA3:	 $U_{9/2} \leqq 30$ V, $U_{7/1} \leqq 30$ V.	
Ztrátový výkon $\vartheta_a \leqq 75$ °C:		 $P_{tot} \leqq 500$ mW.	
Rozsah pracovních teplot okolí:		$\vartheta_a = -45$ až $+85$ °C.	
Charakteristické údaje Platí při $+U_{CC} = 15$ V ± 10 %, $-U_{CC}$ ± 10 %			
		K554SA3A, K521SA3	K554SA3B
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S = 50$ kΩ:		$U_{IO} \leqq 3{,}0$	$\leqq 7{,}5$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie:		$I_{IO} \leqq 10$	$\leqq 50$ nA.
Vstupní klidový proud:		$I_{IB} \leqq 100$	$\leqq 250$ nA.
Napěťové zesílení $R_L = 10$ kΩ, $U_O = \pm 10$ V:		$A_u \geqq 150.10^3$	$\geqq 150.10^3$
Výstupní napětí – úroveň L $U_I = 10$ mV, $I = 50$ mA:		$U_{OL} \leqq 1{,}5$	$\leqq 1{,}5$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_I = 10$ mV:		$+I_{CC} \leqq 6{,}0$	$\leqq 7{,}5$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje $U_I = -10$ mV:		$-I_{CC} \leqq 5{,}0$	$\leqq 5{,}0$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu $U_I = 10$ mV, $I = 50$ mA:		$t_{PLH} \leqq 300$	$\leqq 300$ ns.

pracuje s velkým odporem zdroje vstupního signálu.

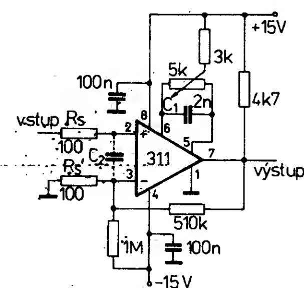
Přivádíme-li aktivní signál na oba vstupy komparátoru nebo budíme-li kladný vstup komparátoru signálem s velkou impedancí, je ideální kladná zpětná vazba podle obr. 76. Zavádí se z výstupu na vývod NUL (slouží k nulování). Zavedená vazba postačuje k hysterezi 1 až 2 mV a k ostrému přechodu se vstupním pilovitým napětím s kmitočtem od několika Hz až po stovky Hz. Signál kladné zpětné vazby na rezistoru 82 Ω vyvolá rozkmit 240 mV pod úrovní kladného napájecího napětí. Střed signálu je okolo jmenovitého napětí na vývodu NUL, takže zpětná vazba se nepřičítá k výstupnímu napětí komparátoru. Bude-li hystereze větší o 8 mV než výstupní napětí, je možné ji vyvážit připojeným potenciometrem 5 kΩ a rezistorem 3 kΩ podle obr. 76.



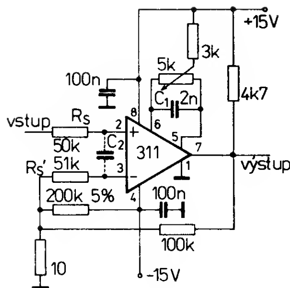
Obr. 75. Zapojení vývodů přesného komparátoru ROB311, K521SA3 v kovovém pouzdru TO-99



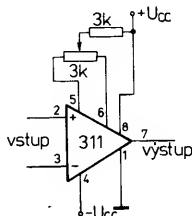
Obr. 76. Zavedením kladné zpětné vazby se dá potlačit nestabilita a oscilace komparátoru



Obr. 77. Běžný způsob zavedení kladné zpětné vazby



Obr. 78. Kladná zpětná vazba, vhodná při velkém odporu generátoru vstupního signálu



Obr. 79. Kompenzace vstupního zbytkového napětí

Typické příklady použití

Vstupní zbytkové napětí se kompenzuje v zapojení podle obr. 79 potenciometrem s odporem 3 kΩ, který se připojuje k vývodům NUL a NUL, ST.

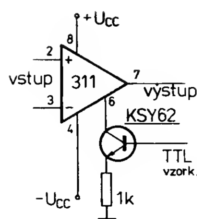
Základní zapojení komparátoru řady 311 pro provoz vzorkování je na obr. 80. V obvodu vývodu NUL, ST je zapojen křemíkový tranzistor n-p-n typu KSY63 nebo 2N2222, v jehož emitoru je rezistor R_1 s odporem 1 kΩ. Vzorkovací signál s úrovní TTL se přivádí na bázi tohoto tranzistoru.

Typické zapojení budiče relé se vzorkováním na obr. 81 vychází z předchozího základního zapojení. Přímo k výstupu je připojena proti zemi Zenerova dioda s vhodným Zenerovým napětím (závisí na použitém napájecím napětí), která „absorbuje" indukční špičková napětí, vzniklá na vinutí relé. Chrání tak integrovaný obvod před zničením napětím ze zdroje napětí pro napájení relé, $+U_B$.

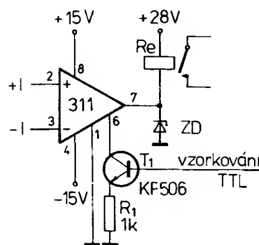
Zapojení na obr. 82 uvádí způsob vzorkování oběma vstupy a výstupem. Na neinvertující vstup se přivádí signál z číslicově analogového převodníku, na invertující vstup analogový signál přes polem řízený tranzistor MOS. K oběma nulovacím vývodům je připojen již známým způsobem tranzistor n-p-n, na jehož bázi se přivádí vzorkovací signál TTL. Typický vstupní proud vstupů bez vzorkovacího signálu je pouze 50 pA. Ve všech třech popsaných vzorkovacích zapojeních se nesmí spojit nepoužitý nulovací vstup se zemí.

Proud vstupního stupně se může v případě nutnosti zvětšit galvanickým spojením obou nulovacích vývodů s vývodem kladného napájecího napětí podle obr. 83. Touto úpravou se zvětší typická rychlost přeběhu komparátoru z 7,0 V/µs. Tuto typickou hodnotu neuvádí žádný výrobce ve svých katalogových údajích, je však všeobecně známá.

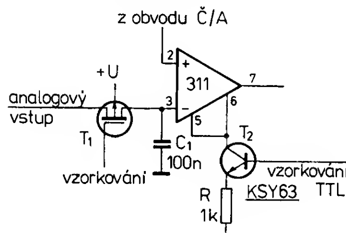
Emitorový výstup (vývod ⊥) koncového tranzistoru T_{13} komparátoru (viz vnitřní elektrické zapojení na obr. 72) dovoluje připojit uzemněnou zátěž podle zapojení na obr. 84. Kolektorový výstup 0 se připojí ke kladnému napájecímu napětí. Výstup pracuje do uzemněné zátěže. Na vývodu ⊥, který pra-



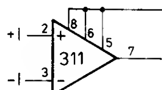
Obr. 80. Zapojení komparátoru řady 311 ve vzorkovacím provozu



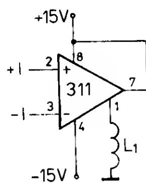
Obr. 81. Zapojení komparátoru řady 311 jako budiče relé se vzorkováním



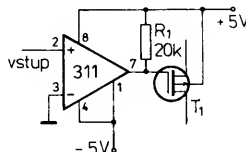
Obr. 82. Způsob vzorkování komparátoru řady 311 oběma vstupy a výstupem



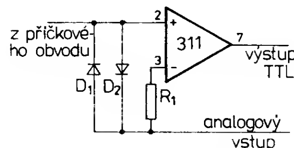
Obr. 83. Zapojení pro zvýšení proudu vstupního stupně komparátoru řady 311



Obr. 84. Připojení uzemněné zátěže komparátoru řady 311



Obr. 85. Komparátor řady 311 jako detektor s průchodem v nule



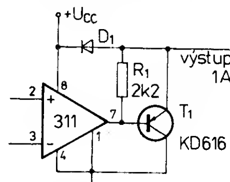
Obr. 86. Paralelní připojení antiparalelních diod na vstupu komparátoru řady 311 zlepšuje jeho odezvu

cuje jako výstup, je vzhledem ke vstupnímu signálu polarita signálu obrácená.

Komparátor, zapojený jako detektor s nulovým průchodem, který budí na výstupu připojený spínač s polem řízeným tranzistorem, je na obr. 85. Vstupní signál se přivádí na neinvertující vstup, invertující vstup je uzemněn.

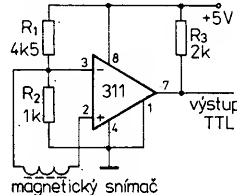
Paralelním připojením dvou proti sobě pólovaných záchytných diod mezi vstupy komparátoru podle obr. 86 je možné zlepšit odezvu komparačního zesilovače. Na neinvertující vstup se přivádí signál z příčkového obvodu, invertující vstup se sériovým rezistorem R_1 slouží jako analogový vstup.

Zapojení komparátoru jako budiče solenoidu je na obr. 87. K výstupu integrovaného obvodu je připojen výkonový tranzistor p-n-p typu KD616 nebo 2N3740 (nebo podobný), který se napájí ze společného zdroje unipolárního kladného napětí. Výstup tranzistoru se může zatěžovat proudem do 1 A.



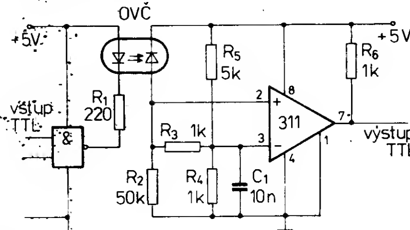
Obr. 87. Budič solenoidu s komparátorem řady 311

Zapojení komparátoru jako detektoru ve spojení s magnetickým snímačem je navrženo na obr. 88. Magnetický snímač se připojuje mezi oba vstupní vývody. Předpětí invertujícího vstupu je nastaveno rezistorovým děličem R_1, R_2. Výstup komparátoru pracuje se zatěžovacím rezistorem 2 kΩ. Z výstupu se může odebírat signál s úrovní TTL. Celé zapojení detektoru se napájí jedním kladným napětím 5 V.

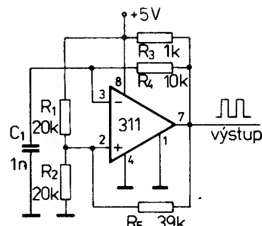


Obr. 88. Detektor s magnetickým snímačem na vstupu komparátoru řady 311; výstupní signál je číslicový TTL

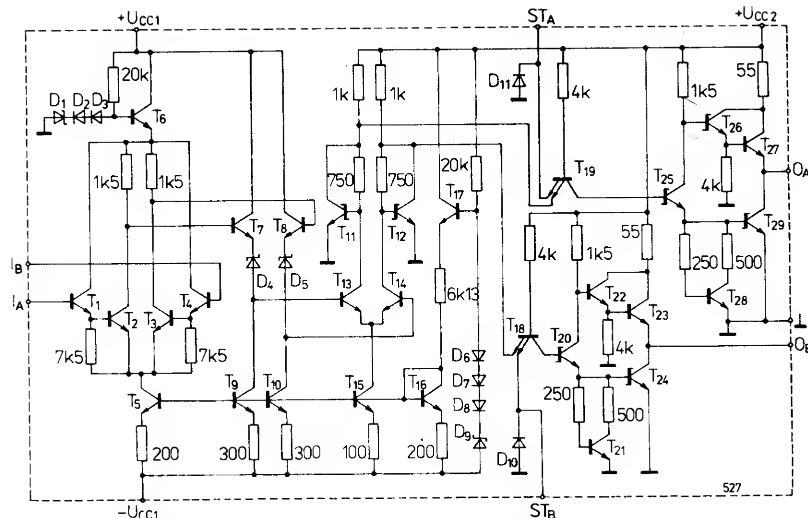
Komparátor zapojený podle obr. 89 slouží jako izolátor, který galvanicky odděluje přenosovou cestu optoelektronickým vazebním členem OVČ. Výstupní logický člen NAND TTL budí světelnou diodu optoelektronického vazebního členu v rytmu přiváděného číslicového signálu. Světelné signály z diody přijímá fotodioda vazebního členu, která je připojena na vstup komparátoru. Po vyhodnocení přivedeného signálu je na výstupu komparátoru možné odebírat nezkreslený signál TTL se stejným průběhem jako má signál na výstupu logického členu NAND. Zapojení se napájí pouze jedním kladným napětím 5 V.



Obr. 89. Optoelektronický vazební člen galvanicky odděluje vstup komparátoru řady 311 v cestě číslicového signálu



Obr. 90. Komparátor řady 311 zapojený jako multivibrátor s obdélníkovým výstupním napětím



Obr. 91. Informativní vnitřní zapojení elektrické komparátorů 1CA527, 1CA527C, KP521SA4

Jako multivibrátor může pracovat komparátor zapojený podle obr. 90. Zapojení kmitá v důsledku zavedení kombinované kladné a záporné zpětné vazby tak, že na výstupu je signál s pravoúhlým průběhem a s výstupními úrovněmi TTL. Zapojení se rovněž napájí jedním kladným napětím 5 V. Hodnoty součástek nejsou kritické. Změnou odporu rezistorů R_4, R_5 a kapacity kondenzátoru C_1 se může měnit v určitých mezích kmitočet multivibrátoru.

Všechna doporučená zapojení komparátorů řady 311 se mohou využít rovněž ve spojení s komparátory čsl. výroby TESLA MAC111 a MAB311. Doporučená zapojení jsou pouze vybraná zapojení z nejpoužívanějších, zdaleka to není jejich úplný výčet.

Napěťové komparátory řady 527

Velmi rychlé analogové napěťové komparátory řady 527, které se vyrábějí běžnou technologií integrovaných obvodů se Schottkyho diodami, vyrábí bulharský podnik Mikroelektronika pod označením 1CA527, 1CA527C a sovětské podniky na výrobu polovodičových součástek pod označením KR521SA4. Na společném čipu sdružují přesný lineární zesilovač, k jehož dvěma výstupům jsou připojeny logické členy NAND TTL.

Vnitřní elektrické zapojení komparátorů řady 527 je na obr. 91, funkční skupinové zapojení na obr. 94. Na obou vstupech A a B komparátoru jsou tranzistory n-p-n v Darlingtonově zapojení. Předností této úpravy je velmi malý vstupní klidový proud. Diferenční zesilovač na vstupu pracuje s emitorovým sledovačem, má proto lepší vstupní vlastnosti při menších rychlostech. Komparátor je vybaven přímým a doplňkovým výstupem, které tvoří dva logické členy NAND. Výstupy jsou slučitelné s logikou TTL a ECL. Vstup může zpracovávat souhlasné a diferenční vstupní napětí v širokém rozsahu do ±6 V a do ±5 V. Typické zesílení komparátoru je okolo 5000 (oba výrobci jej však neuvádějí). Doba zpoždění průchodu signálu komparátorem je max. 26 ns.

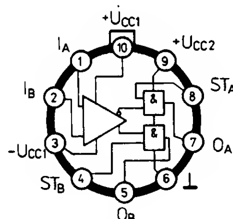
Typické použití popisovaných komparátorů je v číslicově analogových převodnících, rozhraní logiky ECL na TTL, TTL na ECL, jako snímací zesilovač z paměti RAM MOS nebo jako optoelektronický vazební zesilovač.

Komparátory 1CA527, 1CA527C

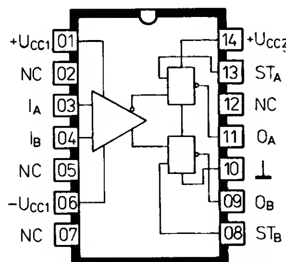
Oba komparátory bulharské výroby jsou v kovovém pouzdru TO-100 s deseti drátovými vývody ve skleněné průchodce, jejich zapojení vývodů je na obr. 92. Rozdíl mezi nimi je ve zpřísněných statických vlastnostech základního typu 1CA527 a možností jejich použití v rozsahu pracovních teplot okolí od −55 do +125 °C. Komparátor 1CA527 má volnější meze charakteristických vlastností a je určen k provozu v rozsahu pracovních teplot od 0 do +70 °C. Doba zpoždění průchodu signálu je u obou typů komparátorů stejná (tab. 22).

Komparátory KR521SA4

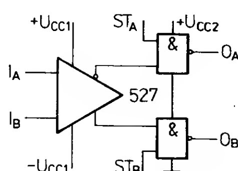
Jejich výrobcem je polovodičový průmysl Sovětského svazu. Základní elektrické údaje tohoto komparátoru odpovídají bulharskému typu 1CA527C, rozsah dovolených pracovních teplot je však od −45 do +85 °C. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14, zapojení vývodů je na obr. 73. Elektrické údaje jsou v tab. 23. Tak jako u předchozích typů komparátorů i tento typ se vyráběl rovněž v kovovém pouzdru TO-100 pod označením K521SA4. Jeho zapojení vývodů odpovídá zapojení na obr. 92. Elektrické údaje jsou stejné s typem KR521SA4, pouze vstupní napěťová nesymetrie je menší než 4 mV. Tento typ již není ve výrobě, v zařízeních se však stále vyskytuje.



Obr. 92. Zapojení vývodů komparátorů 1CA527, 1CA527C v kovovém pouzdře TO-100



Obr. 93. Zapojení vývodů komparátorů KR521SA4 v plastovém pouzdru DIL-14



Obr. 94. Funkční skupinové zapojení komparátorů řady 527

Jednou z hlavních vlastností popisovaných komparátorů řady 527 je schopnost jejich funkce i při provozu s nevyváženými napájecími napětími $+U_{CC1}$ a $-U_{CC1}$. Ke spolehlivé funkci se však musí dodržet podmínka, že záporné napájecí napětí $-U_{CC1}$ bude vždy nejméně o 6 V větší než potenciál země (vývod označený ⊥). Rozsah vstupního napětí souhlasného je omezen. Musí být vždy o 2 V menší než je použité napájecí napětí $+U_{CC1}$ a $-U_{CC1}$ s tím, že maximum ±6 V platí při plném využití dovoleného napájecího napětí ±15 V.

Další charakteristickou vlastností komparátorů je stav výstupů. Výstup A je vždy ve fázi se vstupem A, výstup B ve fázi se vstupem B. Funkční vlastnosti komparátorů řady 527 blíže definuje funkční tab. 24.

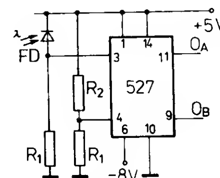
Komparátory bulharské a sovětské výroby jsou přímou obdobou součástek firmy Philips-Valvo-Signetics řady NE527:

1CA527 obdoba	SE527H
1CA527C	NE527H
KR521SA4	SE527F*)
K521SA4	SE527H*)

*) Sovětské komparátory KR521SA4 a K521SA4 mají zúžený rozsah pracovních teplot okolí od −45 do +85 °C.

Doporučená zapojení

Fotoelektrický detektor s fotodiodou na vstupu komparátoru řady 527 využívá vlastnosti fotodiody při jejím osvětlení nebo zatemnění, kdy se fotoelektrický proud zvětšuje nebo zmenšuje. Průtok fotoelektrického proudu rezistorem R_1 vyvolává na něm úbytek napětí, který se mění podle změn osvětlení fotodiody. Úbytek napětí se přivádí na vstup A komparátoru. Odpor rezistoru R_1 se volí tak, aby se dosáhlo žádaného rozsahu detekce rozdílu mezi podmínkami při osvětlení nebo za tmy. Úroveň signálu na vstupu komparátoru je dána pouze velikostí odporu



Obr. 95. Zapojení fotoelektrického detektoru s komparátorem řady 527

Tab. 22. Elektrické údaje 1CA527, 1CA527C

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC1} \leqq +15$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC1} \geqq -15$ V.
Napájecí napětí kladné pro napájení logických členů:	$+U_{CC2} \leqq +7$ V.
Vstupní napětí:	$U_I = -6$ až $+6$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Výstupní proud vrcholový:	$I_{OS} = 18$ až 70 mA.
Rozsah pracovní teploty okolí 1CA527:	$\vartheta_a = -55$ až $+125$ °C,
1CA527C:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
Rozsah skladovací teploty:	$\vartheta_{stg} = -55$ až $+155$ °C.

Charakteristické údaje
Platí při $\vartheta_a = 25$ °C ±5 K, $U_{CC1} = \pm 10$ V ±5 %, $U_{CC2} = \pm 5$ V ±5 %, $U_{ST\,A} = U_{ST\,B} = 2{,}7$ V ±5 %

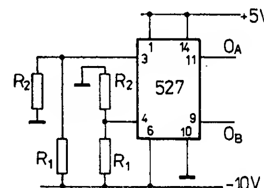
	1CA527	1CA527C
Vstupní napěťová nesymetrie $R_S = 50\ \Omega$:	$U_{IO} \leqq 4{,}0$	$\leqq 6{,}0$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	$I_{IO} \leqq 0{,}5$	$\leqq 0{,}75$ µA.
Vstupní klidový proud:	$I_{IB} \leqq 2{,}0$	$\leqq 2{,}0$ µA.
Výstupní napětí – úroveň H $I_{OH} = -1$ mA:	$U_{OH} \geqq 2{,}5$	$\geqq 2{,}7$ V.
Výstupní napětí – úroveň L $I_{OL} = 10$ mA:	$U_{OL} \leqq 0{,}5$	$\leqq 0{,}5$ V.
Napájecí proud z kladného zdroje $U_I = 0$ V:	$+I_{CC1} \leqq 5{,}0$	$\leqq 5{,}0$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje $U_I = 0$ V:	$-I_{CC1} \leqq 10$	$\leqq 10$ mA.
Napájecí proud ze zdroje pro napájení logických členů $U_I = 0$ V:	$+I_{CC} \leqq 20$	$\leqq 20$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu $U_{I\,IP} = \pm 100$ mV, $f_{ip} = 1$ MHz		
z úrovně L do úrovně H:	$t_{PLH} \leqq 26$	$\leqq 26$ ns,
z úrovně H do úrovně L:	$t_{PHL} \leqq 24$	$\leqq 24$ ns.

Tab. 23. Elektrické údaje komparátoru KR521SA4, K521SA4

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC1} \leqq +15$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC1} \geqq -15$ V.
Napájecí napětí kladné pro napájení logických členů:	$+U_{CC2} \leqq +7$ V.
Vstupní napětí:	$U_I = -6$ až $+6$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Rozsah pracovní teploty okolí:	ϑ_a −45 až +85 °C.

Charakteristické údaje
Platí při $+U_{CC1} = 9$ V, $-U_{CC1} = -9$ V, $+U_{CC2} = 5$ V (s přesností ±10 %)

Vstupní napěťová nesymetrie:	$U_{IO} \leqq \pm 6{,}0$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	$I_{IO} \leqq 0{,}75$ µA.
Vstupní klidový proud:	$I_{IB} \leqq 2{,}0$ µA.
Výstupní napětí – úroveň H:	$U_{OH} = 2{,}5$ až 4,5 V.
Výstupní napětí – úroveň L:	$U_{OL} = 0$ až 0,5 V.
Vstupní proud – úroveň L:	$-I_{IL\,ST} \geqq 2$ mA.
Vstupní proud – úroveň H:	$I_{IH\,ST} \leqq 100$ µA,
Napájecí proud z kladného zdroje:	$+I_{CC1} \leqq 4{,}0$ mA.
Napájecí proud ze záporného zdroje:	$-I_{CC1} \leqq 8{,}5$ mA.
Napájecí proud ze zdroje pro napájení logických členů:	$+I_{CC2} \leqq 18$ mA.
Doba zpoždění průchodu signálu:	$t_{PLH} \leqq 26$ ns.



Obr. 96. Rozhraní logiky ECL k logice TTL pomocí komparátoru řady 527

R_1 a charakteristikou použité fotodiody. Střední úroveň signálu mezi osvětlením diody a při jejím zatemnění je dána poměrem odporů rezistorového děliče R_1, R_2, jehož střed je spojen se vstupem B komparátoru (určuje referenční napětí). Stav logických výstupů komparátoru přímo závisí na provozním stavu fotodiody, zda je zatemněna či je na ni přivedeno světlo (obr. 95).

Jak již bylo uvedeno, komparátory řady 527 nevyžadují v provozu přesně vyvážená napájecí napětí $+U_{CC1}$ a $-U_{CC1}$ zesilovače. Je-li např. na „zemnicím vývodu" napětí −5,2 V a druhý zdroj se může nastavit na vhodné napětí, bude výstupní napětí v logické úrovni 1 asi −1,5 V, v logické úrovni 0 pak −5 V. Touto volností volby napájecího napětí se může nastavit potřebný rozkmit výstupního napětí ve spojení s velikostí logické úrovně navazující spolupracující logiky s komparátorem, která může být jiná než TTL nebo Schottky TTL.

Emitorová logika je velmi populární pro svou velkou rychlost zpracování dat. Systémy jsou však často konstruovány se standardními logickými obvody TTL, požadavky na větší rychlost některých funkčních skupin se plní navazujícími obvody emitorové logiky. Obě řady logických obvodů nejsou slučitelné. Problém obou spolupracujících logik řeší rozhraní logických úrovní ECL na úroveň TTL v zapojení podle obr. 96. Standardní výstupní rozkmit logiky ECL je od −0,8 V do 1,8 V při pokojové teplotě okolí. K přeměně těchto logických úrovní na úrovně logiky TTL se může použít napěťový komparátor řady 527. Napájecí napětí převodníku se posune v záporném směru tak, aby se dosáhlo potřebné úrovně. Protože logika ECL je extrémně rychlá, musí se komparátory obvykle vybírat na co největší rychlost tak, aby se převodem úrovní co nejméně ztratilo na rychlosti.

Rovněž logické úrovně logiky TTL se mohou převést na úrovně ECL komparátorem řady 527. I v tomto případě se musí komparátor vybrat na co největší rychlost, čímž se dosáhne též pružnosti napájecího napětí k dosažení posunu úrovně při miminálních nákladech a velkém výkonu.

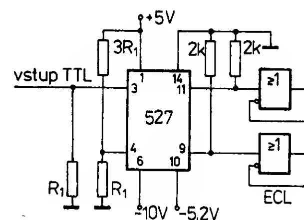
Zapojení jednoduchého převodníku úrovní TTL na úrovně ECL je na obr. 97. Vlastní převod provádí komparátor řady 527, k jehož výstupům je připojen další logický člen NOR. Zapojení pracuje velmi spolehlivě. Kontrola výstupního napětí pro komparátor ovšem v některém případě odhalí, že napětí je poněkud menší, než vyžaduje logika ECL pro rychlé spínání. V těchto případech se doporučuje upravit zapojení podle obr. 98 tak, že se k vývodu *09* zapojí rychlá dioda proti zemi a mezi vývody *10* a *09* rezistor R_2. Tím se zvětší napájecí napětí hradel a současně též výstupní napětí komparátoru o součinitel 0,7 a tak zajistí rychlé spínání převodníku. Rezistorové dělení výstupního napětí komparátoru vůči U_{CC} se může rovněž použít při uzemněném napájení hradla. Metoda je závislá na časové konstantě *RC* rozdělovací kapacity. Je proto pomalejší.

Na obr. 98 je jednoduché zapojení komparátoru řady 521 jako snímací zesilovače

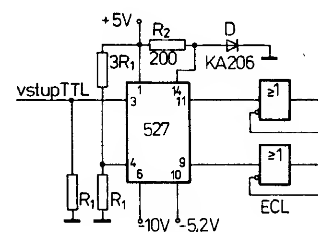
Tab. 24. Funkční tabulka komparátorů řady 527

Vstupy			Výstupy		Funkce
I_{A+} I_{B-}	ST_A	ST_B	O_A	O_B	
$U_{ID} \leqq -U_{OS}$	H	X	L	H	čtení I_{HA}, I_{LB}
$-U_{OS} < U_D < U_{OS}$	H	H	není def.		–
$U_{ID} \geqq U_{OS}$	X	H	H	L	čtení I_{LA}, I_{HB}
X X	L	L	H	H	–

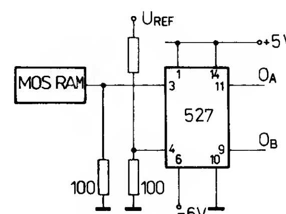
X – libovolná úroveň



Obr. 97. Rozhraní logiky TTL k logice ECL pomocí komparátoru řady 527



Obr. 98. Úprava rozhraní logiky TTL k logice ECL pomocí komparátoru řady 527



Obr. 99. Snímací zesilovač paměti MOS ROM s komparátorem řady 527

paměti MOS RAM. Signály derivované z několika zdrojů se vyznačují poměrně malou amplitudou, která není slučitelná s používanou následující úrovní logiky. Musí se proto zesílit na potřebnou úroveň a zesílený signál převést převodníkem na úroveň logiky TTL. Tento úkol plní popsaný snímací zesilovač. Převodník navíc dodává dostatečně velký výstupní proud dalším připojeným obvodům.

Operační zesilovače

Mezi analogovými integrovanými obvody zaujímají význačné a nezastupitelné místo operační zesilovače. Jejich použití je skutečně všestranné. Pod pojmem operační zesilovač rozumíme součástku se dvěma vstupy, z nichž jeden vstup invertuje (neguje) přiváděný vstupní signál. Druhý vstup přiváděný vstupní signál zpracovává v jeho původním tvaru. Invertující vstup je mezinárodně označován znaménkem mínus (−), neinvertující vstup znaménkem plus (+). Obvody tohoto typu mohou sčítat napětí. Proto se operační zesilovače původně používaly v analogových počítačích k základním výpočetním úkonům.

Své počáteční základní použití integrované operační zesilovače již dávno opustily. Dnes se používají v nejrůznějších elektronických oborech, kde se staly základní všestrannou a velmi obtížně zastupitelnou součástkou. V praxi se setkáváme s několika základními provedeními operačních zesilovačů (řady 709, 611, 741, 747, 748) a dalšími typy bipolárních operačních zesilovačů pro speciální použití nebo jednoúčelová zapojení.

Operační zesilovače řady 709

Mezi nejrozšířenější operační zesilovače, používané v přístrojích průmyslové i spotřební elektroniky, patří monolitické bipolární zesilovače řady 709. Jsou určeny pro všeobecná použití. Protože mají velké zesílení, jsou obzvlášť vhodné pro regulační techniku, pro přístroje pro zpracování dat, měřicí přístroje a obvody lineárních a nelineárních funkcí.

Předností operačních zesilovačů řady 709 je malá vstupní napěťová a proudová nesymetrie, velký vstupní odpor, velký rozsah vstupního součtového i diferenčního napětí, velké zesílení při malém příkonu a dobré vybuzení zatíženého výstupu. Z hlediska teplotní stability většina výrobců zaručuje u kvalitních součástek teplotní součinitele vstupní napěťové a proudové nesymetrie. Dobrá teplotní stabilita je dána promyšlenou konstrukcí systému tohoto operačního zesilovače, který je vyroben na malé ploše křemíkového čipu.

Tab. 25. Přehled operačních zesilovačů řady 709 podle jednotlivých výrobců v zemích RVHP

Typ	Výrobce	Rozsah provozních teplot	Pouzdro	Zapojení vývodů obr.
A109D	VEB HFO, NDR	A	DIL-14	100
B109D	VEB HFO, NDR	B	DIL-14	100
IL709M	RIZ, SFRJ	D	TO-99	102
IL709S	RIZ, SFRJ	A	DIL-14	100
ROB709	CCSIT-S, RSR	A	DIL-14	100
μA709	Ei, SFRJ	A	DIL-14	100
μA709PC	MEV, MLR	A	DIL-14	100
μA709PCE	MEV, MLR	B	DIL-14	100
K153UD3	SSSR	C	TO-99	102
K553UD1A	SSSR	C	DIL-14	100
K553UD1B	SSSR	C	DIL-14	100
1YO709	Mikroelektronika, BLR	D	TO-99	102
1YO709C	Mikroelektronika, BLR	A	TO-99	102
1YO709CE	Mikroelektronika, BLR	A	DIL-14	100
1YO709CM	Mikroelektronika, BLR	A	DIL-8	101
1YO709E	Mikroelektronika, BLR	D	DIL-14	100
1YO709M	Mikroelektronika, BLR	D	DIL-8	101

Rozsah provozních teplot okolí:
A: 0 až +70 °C, B: −25 až +85 °C, C: −45 až +85 °C, D: −55 až +125 °C

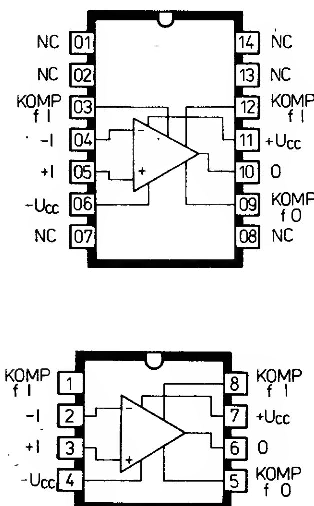
Operační zesilovače řady 709 vyrábějí téměř všichni výrobci polovodičových součástek v zemích RVHP a Jugoslávii. Přehled vyráběných typů zesilovače řady 709 je v tab. 25. Z tabulky je možno zjistit jak výrobce, tak typ pouzdra a zapojení vývodů jednotlivých typů zesilovačů. Pozor! Zapojení jsou kreslena *při pohledu* na součástku *shora* (obr. 100 až 102).

Vnitřní elektrické zapojení operačních zesilovačů řady 709 je na obr. 103. Vývody jsou označeny funkční zkratkou, číslo vývodu je třeba zjistit ze zapojení vývodů!

Operační zesilovače popisované řady jsou vlastně prvními, nejrozšířenějšími a dosud nejvíce používanými operačními zesilovači, i když jejich vlastnosti byly v poslední době překonány jinými, dokonalejšími typy. Málo se ví o tom, že návrh systému pochází z návrhářské dílny systémů integrovaných obvodů R. Widlara z podniku National Semiconductor. Teprve později je začal vyrábět v mnohamiliónových sériích multinárodní výrobce polovodičových součástek Fairchild pod označením μA709, dal jim jméno série a zajistil jejich oblibu.

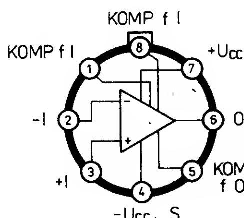
Systém operačního zesilovače 709 sdružuje na společném čipu 15 tranzistorů a 15 rezistorů. K provozu vyžaduje tento zesilovač symetrické napájecí napětí z kladného a záporného zdroje ±15 V, které se má dodržovat s přesností ±10 %. Vstupní stupeň tvoří diferenční zesilovač s tranzistory T_1, T_2, které určují vstupní vlastnosti (napěťovou a proudovou nesymetrii) a teplotní závislost celého integrovaného obvodu. Ke vstupnímu stupni patří též zdroj konstantního proudu s tranzistory T_{10} a T_{11}.

Vstupní tranzistory mají malý proud kolektoru, proto má vstup zesilovače velkou impedanci (min. 50 kΩ). Za prvním diferenčním stupněm následuje druhý diferenční stupeň s tranzistory T_3, T_5 a T_4, T_6 v Darlingtonově zapojení. Tranzistor T_8 pracuje jako emitorový sledovač a má největší podíl na celkovém velkém zesílení součástky. Tranzistor T_{15}, zapojený jako dioda, spolu s rezistory R_3 a R_4 slouží k teplotní kompenzaci. Výstupní stupeň začíná rezistorem R_7 a skládá se z laterálního tranzistoru T_9, budiče T_{12} a dvojčinného koncového stupně třídy B s tranzistory T_{13} a T_{14}. Předzesilovací a koncový stupeň je osazen komplementárními tranzistory, které zajišťují na straně výstupu dobrou vybuditelnost.

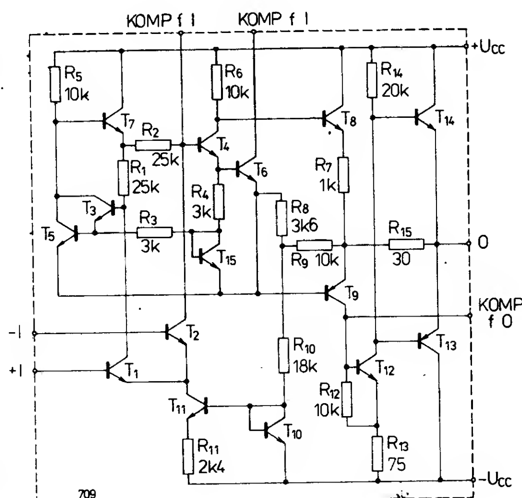


Obr. 100. Zapojení vývodů operačních zesilovačů A109D, B109D, IL709S, ROB709, μA709, μA709PC, μA709PCE, 1YO709C, 1YO709CE, K553UD1A, K553UD1V

Obr. 101. Zapojení vývodů operačních zesilovačů 1YO709M, 1YO709CM



Obr. 102. Zapojení vývodů operačních zesilovačů IL709M, 1YO709, 1YO709C, 153UD3, K1UT531A, K1UT531



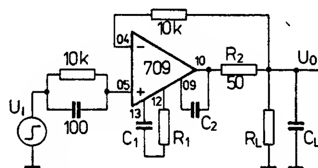
Obr. 103. Vnitřní elektrické zapojení operačních zesilovačů řady 709

Tab. 26. Potřebné součástky ke kmitočtové kompenzaci operačních zesilovačů řady 709

A_u [dB]	C_{K1} [pF]	R_{K1} [kΩ]	C_{K2} [pF]
60	10	0	3
50	27	1,5	3
40	100	1,5	3
30	270	1,5	10
20	470	1,5	20
10	2700	1,5	100
0	4700	1,5	200

Funkce vývodů operačních zesilovačů řady 709: KOMP *f* I – vývod pro připojení vnějších součástek kmitočtové kompenzace vstupu, KOMP *f* O – vývod pro připojení vnějšího kondenzátoru kmitočtové kompenzace výstupu, +I – neinvertující vstup, –I – invertující vstup, O – výstup, $+U_{CC}$ – přípoj zdroje kladného napájecího napětí, $-U_{CC}$ – přípoj zdroje záporného napájecího napětí, S – vývod kovového pouzdra součástky (u zesilovačů v kovovém pouzdru TO-99 je kovový kryt spojen uvnitř součástky s vývodem záporného napájecího napětí).

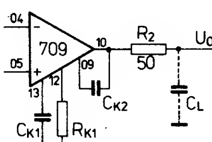
Protože se elektrické vlastnosti vyráběných operačních zesilovačů řady 709 v zemích RVHP dosti značně odlišují, i když jejich funkce je stejná a jsou zaměnitelné s přihlédnutím na základní vlastnosti porovnávaných typů a jejich použití, jsou jejich elektrické údaje shrnuty v tabulkách podle jednotlivých výrobců. U kvalitnějších součástek zaručují někteří výrobci přechodové vlastnosti (dynamické vlastnosti). Zkušební zapojení pro jejich měření a definování je na obr. 104.



Obr. 104. Zapojení pro měření a definování přechodných vlastností operačních zesilovačů řady 709

Všechny operační zesilovače řady 709 nemají vnitřní kmitočtovou kompenzaci. Proto je velmi důležitá správná volba vnějších kompenzačních součástek. V blízkosti horního mezního kmitočtu (okolo 1 MHz) vzniká v důsledku vnitřního obrácení fáze nebezpečí rozkmitání, protože zesilovač má zavedenu silnou zpětnou vazbu. K zamezení nežádoucího rozkmitání se musí zesílení smyčky zmenšit na velikost menší než 1 při kmitočtu, při němž je vnitřní posuv fáze 180°. Spolehlivější provoz vyžaduje zmenšit zesílení smyčky pod 1 již při posuvu fáze 135°.

Zesilovače se kompenzují vnějšími součástkami podle základního zapojení na obr. 105. Potřebné součástky kompenzačního členu pro optimální kmitočtovou kompenzaci



Obr. 105. Způsob kmitočtové kompenzace operačních zesilovačů řady 709

se mohou volit podle tab. 26. Rezistor R_2 s odporem 50 Ω se musí použít vždy, použije-li se kapacitní zátěž zesilovače.

Operační zesilovače A109D, B109D

Integrované operační zesilovače s velkým zesílením A109D a B109D jsou výrobky podniku VEB Halbleiterwerk, Frankfurt/O, NDR. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14 s 2× sedmi vývody ve dvou řadách. Zapojení vývodů součástek je na obr. 100. Elektrické údaje obou zesilovačů jsou v tab. 27. Navzájem se odlišují rozsahem dovolených pracovních teplot. Základní typ A109D je určen pro teploty od 0 do +70 °C, výběrový typ B109D pro práci v rozšířeném rozsahu od –25 do +85 °C. Navíc má zúžené hranice kritických veličin.

V minulých letech dodával tento výrobce operační zesilovače označené A109C, B109C, které byly v keramických pouzdrech DIL-14. Jejich elektrické vlastnosti se shodovaly s provedením v plastových pouzdrech DIL-14.

Na trhu elektronických součástek a v literatuře z NDR se vyskytují operační zesilovače označené typovým označením R109D nebo nověji A109D S1. Jsou to součástky, jejichž elektrické vlastnosti jsou v některých kritických parametrech horší než u typu A109D, avšak pro mnohé použití postačují. Jsou určeny pro amatérské použití. Prodávají se jako jednotlivé kusy, ve stavebnicích nebo sáčcích s dalšími elektronickými součástkami pro radioamatéry. Jsou podstatně levnější než standardní výrobky.

Operační zesilovače IL709M, IL709S

Jugoslávský výrobce RIZ vyrábí velmi kvalitní operační zesilovače řady 709, označené typovým znakem IL709M a IL709S. Pro přístroje průmyslové elektroniky jsou určeny zesilovače IL709M v kovovém pouzdru TO-99, které mohou pracovat v širokém rozsahu teplot –55 do +125 °C a mají zúžené kritické veličiny. Zapojení vývodů je na obr. 102.

Pro běžné komerční přístroje, pracující v rozsahu teplot od 0 °C do +75 °C jsou určeny zesilovače IL709S v plastovém pouzdru DIL-14. Zapojení vývodů je na obr. 100. Obě provedení zesilovačů mají výrobcem podrobně definovány elektrické vlastnosti, které jsou v tab. 28.

Operační zesilovače ROB709

Výrobcem zesilovačů ROB709 je rumunský výrobce CCSIT-S. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14, mají zapojení vývodů podle obr. 100. Výrobce u nich zaručuje pouze nejzákladnější vlastnosti, které obsahuje tab. 29. Jejich použití je omezeno na rozsah teplot okolí 0 až +70 °C.

Operační zesilovače μA709

Jugoslávský výrobce polovodičových součástek Elektronska Industria (Ei) v Niši vyrábí rovněž operační zesilovač popisované řady, označený znakem μA709. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14, zapojení vývodů podle obr. 100. Může se použít v rozsahu pracovních teplot od 0 do +70 °C, elektrické údaje jsou v tab. 30.

Operační zesilovače μA709PC, μA709PCE

Výrobcem obou uvedených zesilovačů μA709PC a μA709PCE je maďarský výrobce MEV (Tungsram). Jsou v plastovém pouzdru DIL-14. Rozdíl mezi nimi je pouze v dovoleném rozsahu pracovních teplot okolí – typ μA709PC je určen pro rozsah od 0 do +70 °C, μA709PCE pro rozšířený rozsah od –25 do +85 °C. Zapojení vývodů zesilovačů podle obr. 100, elektrické údaje jsou obsaženy v tab. 31.

Operační zesilovače 1YO709, 1YO709C, 1YO709CE, 1YO709M, 1YO709CM

Bulharský výrobce kombinát Mikroelektronika zařadil do svého výrobního programu rovněž operační zesilovače řady 709 a to zřejmě v důsledku velkých potřeb těchto součástek výrobci výpočetní techniky. Vyrábí je ve dvou elektrických provedeních, obě provedení ve třech pouzdrech. Základní typy 1YO709, 1YO709E, 1YO709M jsou určeny pro průmyslové přístroje, pracují v širokém rozsahu teplot od –55 do +125 °C. Mají zúžené hranice kritických veličin. Vytříděné typy 1YO709C, 1YO709CE, 1YO709CM mají širší hranice a jsou určeny pro běžné komerční přístroje, pracující v rozsahu teplot od 0 do + 70 °C.

Obě řady operačních zesilovačů dodává výrobce ve třech různých pouzdrech. Zesilovače 1YO709, 1YO709C jsou v kovovém pouzdru TO-99 s osmi drátovými vývody, zapojení vývodů podle obr. 102. Zesilovače 1YO709C, 1YO709CE jsou v plastovém pouzdru DIL-14 se zapojením vývodů podle obr. 100, 1YO709M, 1YO709CM ve zkráceném plastovém pouzdru DIL-8 s 2× čtyřmi vývody a zapojením vývodů podle obr. 101. Elektrické údaje všech popsaných typů jsou v tab. 32.

Operační zesilovače K553UD1A, K553UD1V, K153UD3, K1UT531A, K1UT531B

Rovněž výrobci polovodičových součástek v Sovětském svazu vyrábějí operační zesilovače řady 709. Vývoj potřeb uživatelů a výrobců tam prodělal určité etapy vývoje, během nichž se vlastnosti vyráběných součástek jednak zlepšily, jednak ustálily v nejvíce používaných pouzdrech.

V poslední době jsou nejvíce používány operační zesilovače sovětské řady K553, označené typovým znakem K553UD1A, K553UD1V. Jsou v plastovém pouzdru DIL-14, jejich zapojení vývodů je podle obr. 100. Ve srovnání s mezinárodními typy operačních zesilovačů řady 709 mají ohraničeno minimální a maximální napájecí napětí od ±9 V do ±16,5 V. Výběrový typ K553UD1V má zúžené elektrické parametry.

Operační zesilovač K153UD3, jehož výroba je omezena, odpovídá elektrickými vlastnostmi typu K553UD1V. Je však v pouzdru TO-99, zapojení vývodů podle obr. 102. Tento zesilovač bývá někdy označován též typovým znakem 153UD3. Elektrické údaje všech tří typů jsou v tab. 33.

V minulých letech se vyráběly operační zesilovače s typovým označením K1UT531A, K1UT531V, které byly v kovovém pouzdru TO-99. Jejich elektrické údaje jsou v tab. 34, zapojení vývodů mají podle obr. 102. Tyto součástky se již nevyrábějí, jsou však použity v dovezených starších přístrojích.

Všechny popsané sovětské operační zesilovače jsou určeny pro použití v rozsahu pracovních teplot okolí od –45 °C do +85 °C.

Doporučení k použití

Číslování vývodů operačních zesilovačů ve všech popisovaných zapojeních se vztahuje k součástkám v pouzdru DIL-14 při pohledu shora!

Všechny operační zesilovače řady 709 vyžadují v provozu blokování přívodů kladného a záporného napájecího napětí kvalitním kondenzátorem s kapacitou 10 nF až 100 nF vůči zemi. Kondenzátor se musí připojit přímo na vývody integrovaného obvodu.

K zamezení případného rozkmitání operačního zesilovače během kladné půlvlny výstupního napětí slouží rezistor 50 Ω zapojený ve výstupním obvodu zesilovače.

Tab. 27. Elektrické údaje operačních zesilovačů A109D, B109D

Mezní údaje Platí v celém rozsahu provozních teplot		
Napájecí napětí kladné:		$+U_{CC} \leqq +18$ V.
Napájecí napětí záporné:		$-U_{CC} \geqq -18$ V.
Vstupní napětí souhlasné:		$U_{IC} = -10$ až $+10$ V.
Vstupní napětí diferenční:		$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Ztrátový výkon celkový:		$P_{tot} \leqq 300$ mW.
Rozsah provozních teplot okolí		
A109D:		$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C,
B109D:		$\vartheta_a = -25$ až $+85$ °C.
Rozsah skladovacích teplot:		$\vartheta_{stg} = -55$ až $+125$ °C.
Tepelný odpor přechod-okolí:		$R_{thja} \leqq 150$ K/W.
Doba trvání zkratu výstupního proudu:		$t_K \leqq 5$ s.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = +25$ °C −5 K, $\pm U_{CC} = \pm 15$ V, není-li uvedeno jinak.		
Vstupní napěťová nesymetrie		
$R_S = 100\ \Omega$:	A109D:	U_{IO} = jmen. 1,0; ≦ 7,5 mV,
$R_S = 100\ \Omega$	B109D:	U_{IO} = jmen. 0,5; ≦ 5,0 mV,
$R_S = 10$ kΩ:	A109D:	U_{IO} = jmen. 1,2 mV,
$R_S = 10$ kΩ:	B109D:	U_{IO} = jmen. 0,65 mV,
$R_S = 100\ \Omega$, $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	A109D:	$U_{IO} \leqq 10$ mV,
$R_S = 100\ \Omega$, $\vartheta_a = -25$ až $+85$ °C	B109D:	$U_{IO} \leqq 10$ mV.
Teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie		
$\vartheta_{a1} = -25$ °C, $\vartheta_{a2} = +85$ °C	B109D:	$\frac{\Delta U_{IO}}{\Delta \vartheta_a}$ = jmen. 2,2; ≦ 25 µV/K.
Vstupní proudová nesymetrie	A109D:	I_{IO} = jmen. 35; ≦ 500 nA,
	B109D:	I_{IO} = jmen. 27; ≦ 200 nA,
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	A109D:	$I_{IO} \leqq 750$ nA,
$\vartheta_a = -25$ až $+85$ °C	B109D:	$I_{IO} \leqq 750$ nA.
Vstupní klidový proud	A109D:	I_{IB} = jmen. 350; ≦ 1500 nA,
	B109D:	I_{IB} = jmen. 200; ≦ 500 nA.
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	A109D:	$I_{IB} \leqq 2000$ nA,
$\vartheta_a = -25$ až $+85$ °C	B109D:	$I_{IB} \leqq 2000$ nA.
Potlačení vlivu změn napájecího napětí na vstupní napěťovou nesymetrii		
$R_S = 100\ \Omega$, $\Delta +U_{CC} = +1$ V		
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	A109D, B109D:	SVR = jmen. 100 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	A109D:	SVR = jmen. 45; ≦ 200 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	B109D:	SVR = jmen. 45; ≦ 150 µV/V;
$R_S = 100\ \Omega$, $\Delta -U_{CC} = -1$ V		
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	A109D:	SVR = jmen. 60 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	B109D:	SVR = jmen. 55 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	A109D:	SVR = jmen. 25; ≦ 200 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	B109D:	SVR = jmen. 20; ≦ 150 µV/V;
$R_S = 10$ kΩ, $\Delta -U_{CC} = +1$ V		
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	A109D:	SVR = jmen. 120 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	B109D:	SVR = jmen. 100 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	A109D:	SVR = jmen. 50 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	B109D:	SVR = jmen. 45 µV/V;
$R_S = 10$ kΩ, $\Delta -U_{CC} = -1$ V		
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	A109D:	SVR = jmen. 65 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 9$ V	B109D:	SVR = jmen. 60 µV/V,
$\pm U_{CC} = \pm 15$ V	A109D, B109D:	SVR = jmen. 20 µV/V.
Výstupní napětí vrcholové		
$R_L = 2$ kΩ, $\pm U_{CC} = \pm 9$ V	A109D:	$\pm U_{O\,M}$ = jmen. +7,3; −7,7 V,
	B109D:	$\pm U_{O\,M}$ = jmen. +7,8; −7,8 V;
$R_L = 2$ kΩ, $\pm U_{CC} = \pm 15$ V	A109D:	$+U_{O\,M}$ = jmen. 13,1; ≧ 10 V,
	A109D:	$-U_{O\,M}$ = jmen. 13,4; ≧ 10 V,
	B109D:	$+U_{O\,M}$ = jmen. 13,5; ≧ 10 V,
	B109D:	$-U_{O\,M}$ = jmen. 13,3; ≧ 10 V;
$R_L = 10$ kΩ, $\pm U_{CC} = \pm 9$ V	A109D:	$\pm U_{O\,M}$ = jmen. +8,0; −8,1 V,
	B109D:	$\pm U_{O\,M}$ = jmen. +8,2; −8,1 V;
$R_L = 10$ kΩ, $\pm U_{CC} = \pm 15$ V	A109D:	$+U_{O\,M}$ = jmen. 14,0; ≧ 12 V,
	A109D:	$-U_{O\,M}$ = jmen. 13,6; ≧ 12 V,
	B109D:	$+U_{O\,M}$ = jmen. 14,0; ≧ 12 V,
	B109D:	$-U_{O\,M}$ = jmen. 13,8; ≧ 12 V.
Rozsah vstupního napětí:		$\pm U_I \geqq \pm 8$ V.
Potlačení souhlasného signálu		
$R_S = 100\ \Omega$	A109D:	CMR = jmen. 110; ≧ 65 dB,
	B109D:	CMR = jmen. 115; ≧ 70 dB,
$R_S = 10$ kΩ	A109D:	CMR = jmen. 110 dB,
	B109D:	CMR = jmen. 115 dB.
Napěťové zesílení při velkém signálu		
$R_L = 2$ kΩ, $U_O = \pm 10$ V	A109D:	A_u = jmen. 40; ≧ 15.10^3,
	B109D:	A_u = jmen. 40; ≧ 25.10^3;
$R_L = 2$ kΩ, $U_O = \pm 10$ V,		
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	A109D:	$A_u \geqq 12.10^3$,
$\vartheta_a = -25$ až $+85$ °C	B109D:	$A_u \geqq 12.10^3$.
Napájecí proud	A109D:	I_{CC} = jmen. 3,7 mA,
	B109D:	I_{CC} = jmen. 3,5 mA.
Vstupní odpor	A109D:	R_I = jmen. 370; ≧ 50 kΩ,
	B109D:	R_I = jmen. 500; ≧ 150 kΩ.
Příkon	A109D:	$P_{tot} \leqq 200$ mW,
	B109D:	$P_{tot} \leqq 165$ mW.
Dynamické údaje Platí při $\vartheta_a = +25$ °C −5 K, $\pm U_{CC} = \pm 15$ V		
Doba čela		
$R_L = 2$ kΩ, $C_L = 0$	A109D:	t_r = jmen. 0,6 µs,
	B109D:	t_r = jmen. 0,7 µs.
Překmit		
$U_I = 20$ mV, $C_L = 100$ pF:		jmen. 3 %.
Vstupní šumové napětí		
$R_S = 100\ \Omega$, $f = 15$ kHz:		U_N = jmen. 1,1 µV,
$R_S = 10$ kΩ, $f = 15$ kHz:		U_N = jmen. 3,5 µV.

Tab. 28. Elektrické údaje operačních zesilovačů IL709M, IL709S

Mezní údaje		
Napájecí napětí kladné:		$+U_{CC} \leqq +18$ V.
Napájecí napětí záporné:		$-U_{CC} \geqq -18$ V.
Vstupní napětí:		$U_{IC} = -10$ až $+10$ V.
Vstupní napětí diferenční:		$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Ztrátový výkon celkový		
$\vartheta_C \leqq 125$ °C	IL709M:	$P_{tot} \leqq 300$ mW,
$\vartheta_a \leqq 70$ °C	IL709S:	$P_{tot} \leqq 250$ mW.
Rozsah provozních teplot okolí		
	IL709S:	$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C.
	IL709M:	$\vartheta_a = -55$ až $+125$ °C.
Rozsah skladovacích teplot:		$\vartheta_{stg} = -65$ až $+150$ °C.
Teplota vývodů při pájení, $t \leqq 60$ s:		$\vartheta_L \leqq 300$ °C.
Doba trvání zkratu výstupního proudu:		$t_K \leqq 5$ s.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = +25$ °C, $\pm U_{CC} = \pm 15$ V, není-li uvedeno jinak		
Vstupní napěťová nesymetrie		
$R_S \leqq 10$ kΩ	IL709S:	U_{IO} = jmen. 2,0; ≦ 7,5 mV,
	IL709M:	U_{IO} = jmen. 0,6; ≦ 2,0 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	IL709S:	I_{IO} = jmen. 100; ≦ 500 nA,
	IL709M:	I_{IO} = jmen. 10; ≦ 50 nA.
Vstupní klidový proud	IL709S:	I_{IB} = jmen. 300; ≦ 1500 nA,
	IL709M:	I_{IB} = jmen. 100; ≦ 200 nA.
Vstupní odpor	IL709S:	R_I = jmen. 250; ≧ 50 kΩ,
	IL709M:	R_I = jmen. 700; ≧ 350 kΩ.
Výstupní odpor:		R_O = jmen. 150 Ω.
Napěťový zisk při velkém signálu		
$R_L \geqq 2$ kΩ, $U_O = \pm 10$ V	IL709S:	A_u = jmen. 45 000; ≧ 15 000 V/V.
Rozkmit výstupního napětí		
$R_L \geqq 10$ kΩ	IL709S:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±14; ≧ ±12 V,
$R_L \geqq 2$ kΩ	IL709S:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±13; ≧ ±10 V.
Rozsah vstupního napětí	IL709S:	U_I = jmen. ±10; ≧ ±8 V.
Potlačení souhlasného napětí		
$R_S \leqq 10$ kΩ	IL709S:	CMR = jmen. 90; ≧ 65 dB.
Potlačení vlivu změn napájecího napětí na vstupní napěťovou nesymetrii		
$R_S \leqq 10$ kΩ	IL709S:	SVR = jmen. 25; ≦ 200 µV/V.
Příkon	IL709S:	P = jmen. 80; ≦ 200 mW,
	IL709M:	P = jmen. 75; ≦ 108 mW.
Přechodové vlastnosti $U_I = 20$ mV, $R_L = 2$ kΩ, $C_1 = 5000$ pF, $R_1 = 1{,}5$ kΩ, $C_2 = 200$ pF, $R_2 = 50\ \Omega$, $C_L \leqq 100$ pF		
Doba čela	IL709S:	t_r = jmen. 0,3 µs,
	IL709M:	$t_r \leqq 1{,}5$ µs.
Překmit	IL709S:	jmen. 10 %,
	IL709M:	30 %.
Platí při $\pm U_{CC} = \pm 15$ V, není-li stanoveno jinak, IL709S: $\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C, IL709M: $\vartheta_a = -55$ až $+125$ °C		
Vstupní napěťová nesymetrie		
$R_S \leqq 10$ kΩ	IL709S:	$U_{IO} \leqq 10$ mV,
	IL709M:	$U_{IO} \leqq 3$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie		
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	IL709S:	$I_{IO} \leqq 750$ nA,
$\vartheta_a = +125$ °C	IL709M:	I_{IO} = jmen. 3,5; ≦ 50 nA,
$\vartheta_a = -55$ °C	IL709M:	I_{IO} = jmen. 40; ≦ 250 nA.
Vstupní klidový proud		
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	IL709S:	$I_{IB} \leqq 2000$ nA,
$\vartheta_a = -55$ °C	IL709M:	I_{IB} = jmen. 300; ≦ 600 nA.
Napěťový zisk při velkém signálu		
$R_L \geqq 2$ kΩ, $U_O = \pm 10$ V	IL709S:	$A_u \geqq 12\,000$ V/V,
	IL709M:	A_u = 25 000 až 70 000 V/V.
Vstupní odpor		
$\vartheta_a = 0$ až $+70$ °C	IL709S:	$R_I \geqq 35$ kΩ,
$\vartheta_a = -55$ °C	IL709M:	R_I = jmen. 170; ≧ 85 kΩ.
Rozkmit výstupního napětí		
$R_L \geqq 10$ kΩ	IL709M:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±14; ≧ ±12 V,
$R_L \geqq 2$ kΩ	IL709M:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±13; ≧ ±10 V.
Napájecí proud		
$\vartheta_a = +125$ °C	IL709M:	I_{CC} = jmen. 2,1; ≦ 3 mA,
$\vartheta_a = -55$ °C	IL709M:	I_{CC} = jmen. 2,7; ≦ 4,5 mA.
Příkon		
$\vartheta_a = +125$ °C	IL709M:	P = jmen. 63; ≦ 90 mW,
$\vartheta_a = -55$ °C	IL709M:	P = jmen. 81; ≦ 135 mW.

Informativní údaje pouze pro IL709M	
Teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie	
R_S = 50 Ω, ϑ_a = +25 až +125 °C:	TK_{UIO} = jmen. 1,8; ≦ 10 μV/K,
R_S = 50 Ω, ϑ_a = +25 až −55 °C:	TK_{UIO} = jmen. 1,8; ≦ 10 μV/K,
R_S = 10 kΩ, ϑ_a = +25 až +125 °C:	TK_{UIO} = jmen. 2,0; ≦ 15 μV/K,
R_S = 10 kΩ, ϑ_a = +25 až −55 °C:	TK_{UIO} = jmen. 4,8; ≦ 25 μV/K.
Teplotní součinitel vstupní proudové nesymetrie	
ϑ_a = +25 až +125 °C:	TK_{IIO} = jmen. 0,08; ≦ 0,5 nA/K,
ϑ_a = +25 až −55 °C:	TK_{IIO} = jmen. 0,45 ≦2,8 nA/K.

Tab. 29. Elektrické údaje operačního zesilovače ROB709

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC}$ ≦ +18 V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC}$ ≧ −18 V.
Vstupní napětí diferenční:	U_{ID} = −5 až +5 V.
Ztrátový výkon celkový:	P_{tot} ≦ 300 mW.
Rozsah pracovních teplot:	ϑ_a = 0 až +70 °C.
Charakteristické údaje Platí při ϑ_a = 25 °C, $\pm U_{CC}$ = ±15 V	
Vstupní napěťová nesymetrie R_S ≦ 10 kΩ:	U_{IO} = jmen. 1; ≦ 5 mV.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 200; ≦ 500 nA.
Napěťový zisk při velkém signálu R_L ≧ 2 kΩ, U_O = ±10 V:	A_u = jmen. 30 000; ≧ 15 000.
Rozkmit výstupního napětí R_L ≧ 2 kΩ:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±13; ≧ ±10 V.
Potlačení souhlasného napětí R_S ≦ 10 kΩ:	CMR jmen. 90; ≧ 70 dB.
Příkon:	P = jmen. 80; ≦ 200 mW.
Doba čela: U_I = 200 mV, R_L = 2 kΩ, C_1 = 5 pF, R_1 = 1,5 kΩ, C_2 = 200 pF, R_2 = 50 Ω, C_L ≦ 100 pF	t_r = jmen. 0,3; ≦ 1 μs.

Tab. 30. Elektrické údaje operačního zesilovače μA709

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC}$ ≦ +18 V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC}$ ≧ −18 V.
Vstupní napětí:	U_{IC} = −10 až +10 V.
Vstupní napětí diferenční:	U_{ID} = −5 až +5 V.
Ztrátový výkon celkový:	P_{tot} ≦ 670 mW.
Rozsah provozních teplot okolí:	ϑ_a = 0 až +70 °C.
Rozsah skladovacích teplot:	ϑ_{stg} = −65 až +150 °C.
Teplota vývodů při pájení:	ϑ_L = 300 °C.
Doba trvání zkratu výstupního proudu:	t_K = 5 s.
Charakteristické údaje Platí při ϑ_a = +25 °C, $\pm U_{CC}$ = ±15 V	
Vstupní napěťová nesymetrie:	U_{IO} ≦ 7,5 mV.
Teplotní součinitel vstupní napěťové nesymetrie:	TK_{UIO} = jmen. 10 μV/K.
Vstupní proudová nesymetrie:	I_{IO} ≦ 500 nA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} ≦ 1500 nA.
Napěťový zisk při velkém signálu:	A_u ≧ 15 000 V/V.
Rozsah napájecího napětí:	$\pm U_{CC}$ = ±9 až ±18 V.
Šířka přenášeného pásma A_u = 1:	B = jmen. 1 MHz.
Rozsah vstupního napětí:	U_I ≦ ±10 V.
Rozsah vstupního napětí diferenčního:	U_{ID} ≦ ±5 V.
Překmit	
A_u = 1:	jmen. 0,3 V/μs,
A_u = −1:	jmen. 0,3 V/μs,
A_u = 10:	jmen. 3,0 V/μs.

Tab. 31. Elektrické údaje operačního zesilovače μA709PC, μA709PCE

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC}$ ≦ +18 V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC}$ ≧ −18 V.
Vstupní napětí:	U_{IC} = −10 až +10 V.
Vstupní napětí diferenční:	U_{ID} = −5 až +5 V.
Ztrátový výkon celkový:	P_{tot} ≦ 670 mW.
Rozsah provozních teplot okolí	
μA709PC:	ϑ_a = 0 až +70 °C,
μA709PCE:	ϑ_a = −25 až +85 °C.
Rozsah skladovacích teplot:	ϑ_{stg} = −55 až +125 °C.
Teplota vývodů při pájení t ≦ 10 s:	ϑ_L ≦ 260 °C.
Doba trvání zkratu výstupního proudu:	t_K ≦ 5 s.
Charakteristické údaje Platí při ϑ_a = +25 °C, $\pm U_{CC}$ = ±15 V, není-li uvedeno jinak	
Vstupní napěťová nesymetrie R_S ≦ 10 kΩ, $\pm U_{CC}$ = ±9 V až ±15 V:	U_{IO} = jmen. 2,0; ≦ 7,5 mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	I_{IO} = jmen. 100; ≦ 500 nA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} = jmen. 300; ≦ 1500 nA.
Vstupní odpor:	R_I = jmen. 250; ≧ 50 kΩ.
Výstupní odpor:	R_O = jmen. 150 Ω.
Napěťový zisk při velkém signálu R_L ≧ 2 kΩ, U_O = ±10 V:	A_u = jmen. 45 000; ≧ 15 000 V/V.
Rozkmit výstupního napětí	
R_L ≧ 10 kΩ:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±14; ≧ ±12 V,
R_L ≧ 2 kΩ:	$U_{O\,M/M}$ = jmen. ±13; ≧ ±10 V.
Rozsah vstupního napětí:	U_I = jmen. ±10; ≧ ±8 V.
Potlačení souhlasného signálu R_S ≦ 10 kΩ:	CMR = jmen. 90; ≧ 65 dB.
Potlačení vlivu změn napájecího napětí na vstupní napěťovou nesymetrii R_S ≦ 10 kΩ:	SVR = jmen. 25; ≦ 200 μV/V.
Příkon:	P = jmen. 80; ≦ 200 mW.
Přechodové vlastnosti U_I = 20 mV, R_L = 2 kΩ, C_1 = 5000 pF, R_1 = 1,5 kΩ, C_2 = 200 pF, R_2 = 50 Ω, C_L ≦ 100 pF	
Doba čela:	t_r = jmen. 0,3 μs.
Překmit:	jmen. 10 %.
Platí při ϑ_a = 0 až +70 °C, $\pm U_{CC}$ = ±15 V, není-li uvedeno jinak	
Vstupní napěťová nesymetrie R_S ≦ 10 kΩ, $\pm U_{CC}$ = ±9 V až ±15 V:	U_{IO} ≦ 10 mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	I_{IO} ≦ 750 nA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} ≦ 2 μA.
Napěťový zisk při velkém signálu R_L ≧ 2 kΩ, U_O = ±10 V:	A_u ≧ 12 000 V/V.
Vstupní odpor:	R_I ≧ 35 kΩ.

Tab. 32. Elektrické údaje operačních zesilovačů 1YO709, 1YO709C, 1YO709CE, 1YO709CM, 1YO709E, 1YO709M

Mezní údaje		
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC}$ ≦ +18 V.	
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC}$ ≧ −18 V.	
Vstupní napětí souhlasné:	U_{IC} = −10 až +10 V.	
Vstupní napětí diferenční:	U_{ID} = −5 až +5 V.	
Rozsah pracovních teplot okolí		
1YO709C, 1YO709CE, 1YO709CM:	ϑ_a = 0 až +70 °C,	
1YO709, 1YO909E, 1YO709M:	ϑ_a = −55 až +125 °C.	
Rozsah skladovacích teplot:	ϑ_{stg} = −55 až +125 °C.	
Charakteristické vlastnosti Platí při ϑ_a = +25 °C, $\pm U_{CC}$ = ±15 V ±5 %		
	1YO709 1YO709E 1YO709M	1YO709C 1YO709CE 1YO709CM
Vstupní napěťová nesymetrie R_S ≦ 10 kΩ	U_{IO} ≦ 5,0	≦ 7,5 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	I_{IO} ≦ 200	≦ 500 nA.
Vstupní klidový proud	I_{IB} ≦ 500	≦ 1500 nA.
Napěťové zesílení R_L ≧ 2 kΩ, $U_{O\,M/M}$ = ±10 V:	A_u ≧ 25 000	≧ 15 000.
Rozkmit výstupního napětí		
R_L ≧ 2 kΩ:	$U_{O\,M/M}$ ≧ ±10	≧ ±10 V,
R_L ≧ 10 kΩ:	$U_{O\,M/M}$ ≧ ±12	≧ ±12 V.
Potlačení souhlasného signálu R_S ≦ 10 kΩ:	CMR ≧ 70	≧ 65 dB.
Potlačení vlivu změn napájecího napětí na vstupní napěťovou nesymetrii R_S ≦ 10 kΩ:	SVR ≦ 150	≦ 200 μV/V.
Příkon:	P ≦ 165	≦ 200 mW.

Tab. 33. Elektrické údaje operačních zesilovačů K553UD1A, K553UD1V, K153UD3

Mezní údaje		
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC}$ = +9 až +16,5 V.	
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC}$ = −9 až −16,5 V.	
Vstupní napětí souhlasné:	U_{IC} = −8 až +8 V.	
Vstupní napětí diferenční:	U_{ID} = −5 až +5 V.	
Odpor zátěže:	R_L ≧ 2 kΩ.	
Rozsah provozních teplot okolí:	ϑ_a = −45 až +85 °C.	
Charakteristické údaje Platí při ϑ_a = +25 °C, $\pm U_{CC}$ = ±15 V ±10 %		
	K553UD1A	K553UD1V K153UD3
Vstupní napěťová nesymetrie R_S ≦ 10 kΩ	U_{IO} ≦ 7,5	≦ 2,0 mV.
Vstupní proudová nesymetrie:	I_{IO} ≦ 500	≦ 50 nA.
Vstupní klidový proud:	I_{IB} ≦ 1500	≦ 200 nA.
Napěťové zesílení R_L = 2 kΩ:	A_u ≧ 15 000	≧ 25 000.
Rozkmit výstupního napětí R_L = 2 kΩ, U_I ≧ 0,1 V	$U_{O\,M/M}$ ≧ ±10	≧ ±10 V.
Napájecí proud R_L > 10 kΩ:	I_{CC} ≦ 6	≦ 3,6 mA.
Potlačení souhlasného signálu R_S ≦ 10 kΩ, U_{ID} = ±8 V:	CMR ≧ 65	≧ 80 dB.

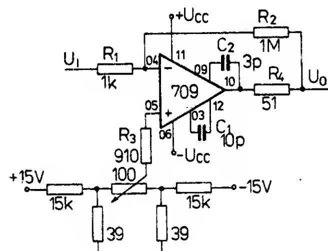
Tab. 34. Elektrické údaje operačních zesilovačů K1UT531A, K1UT531B

Mezní údaje	
Napájecí napětí kladné:	$+U_{CC} \leqq +16{,}5$ V.
Napájecí napětí záporné:	$-U_{CC} \geqq -16{,}5$ V.
Vstupní napětí souřázové:	$U_{IC} = -8$ až $+8$ V.
Vstupní napětí diferenční:	$U_{ID} = -5$ až $+5$ V.
Odpor zátěže:	$R_L \geqq 2$ kΩ.
Rozsah provozních teplot okolí:	$\vartheta_a = -45$ až $+85$ °C.
Charakteristické údaje Platí při $\vartheta_a = +25$ °C, $\pm U_{CC} = \pm 15$ V	
Vstupní napěťová nesymetrie:	$U_{IO} \leqq 7{,}5$ mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
K1UT531A:	$I_{IO} \leqq 500$ nA,
K1UT531B:	$I_{IO} \leqq 600$ nA.
Vstupní klidový proud:	
K1UT531A:	$I_{IB} \leqq 1500$ nA,
K1UT531B:	$I_{IB} \leqq 2000$ nA.
Napěťové zesílení	
K1UT531A:	$A_u = 15\,000$ až $80\,000$,
K1UT531B:	$A_u = 10\,000$ až $100\,000$.
Rozkmit výstupního signálu	
K1UT531A:	$U_{O\,M/M} \geqq \pm 10$ V,
K1UT531B:	$U_{O\,M/M} \geqq \pm 9$ V.
Vstupní odpor:	$R_i \geqq 100$ kΩ.
Výstupní odpor:	$R_O \leqq 200$ Ω.
Potlačení souhlasného signálu:	CMR $\geqq 65$ dB.

Kmitočtová kompenzace operačních zesilovačů je nutná i při provozu s otevřenou smyčkou. Ke kompenzaci se využívá dvou kondenzátorů: C_{K1} s kapacitou 10 pF se připojuje mezi vývody *03* a *12*, C_{K2} s kapacitou 3 pF mezi vývody *09* a *10*.

Při provozu s uzavřenou smyčkou je kmitočtová kompenzace nezbytná. Potřebné součástky ke kmitočtové kompenzaci pro napěťový zisk od 0 do 60 dB byly uvedeny v tab. 26.

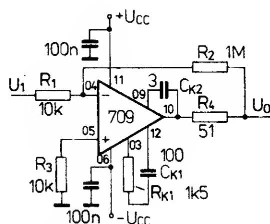
V důsledku určité nesymetrie vnitřní konstrukce operačního zesilovače a tím vzniklých nepatrně odlišných napěťových úbytků, které způsobují vstupní proudy zesilovače na předřazených rezistorech v obou vstupech, není výstupní napětí přesně nulové, pokud se nevyváží vstupní napětí přesně na nulu. Tato skutečnost se může často rušivě projevovat zvláště při velkém zesílení. Proto se musí vhodným způsobem vyvážit vstupní napěťová nesymetrie. Vhodné zapojení s malým kompenzačním napětím je na obr. 106. Zvlášť při napěťovém zisku větším než 30 dB se musí zapojení opatřit kompenzací vstupní nesymetrie, kterou se vyváží výstupní napětí v klidu na nulovou velikost při nulovém vstupním napětí.



Obr. 106. Základní zapojení pro vyvážení vstupní nesymetrie operačních zesilovačů řady 709

K dosažení co nejmenší teplotní závislosti musejí mít použité vnější rezistory v obvodu invertujícího, popřip. neinvertujícího vstupu přesně stejný odpor (viz obr. 107). Odtud platí podmínka
$R_3 = R_1 \,/\,/\, R_2$.

Provozuje-li se operační zesilovač jako napěťový sledovač, je nezbytné dodržovat maximální rozsah vstupního stejnosměrného napětí. Maximální rozsah souhlasného vstupního napětí se nesmí ani krátkodobě překročit, neboť jinak vzniká nebezpečí „zavěšení" nebo ujíždění výstupního napětí. Proto se doporučuje při provozu zesilovače řady 709 jako napěťový sledovač zapojit z výstupu na invertující vstup rezistor 10 kΩ.



Obr. 107. Invertující operační zesilovač řady 709

Pokud by se v použitém zapojení mohlo vyskytnout rozdílové napětí mezi invertujícím a neinvertujícím vstupem větší než 5 V, musí se vstupy opatřit zvláštní ochranou. Vhodná ochrana se může vytvořit ze dvou sériově, proti sobě zapojených Zenerových diod nebo ze dvou antiparalelně zapojených rychlých křemíkových diod (např. KA206, KA207 apod.).

Má-li operační zesilovač řady 709 řídit logický obvod, je třeba mezi výstup zesilovače a vstup následujícího logického obvodu zařadit člen pro vyrovnání logických úrovní. K řízení vstupu logického členu TTL postačí k tomuto účelu zapojit rezistor 2 kΩ mezi výstup operačního zesilovače a vstup logického členu a připojit dvě záchytné diody na konci rezistoru, který je spojen s logickým členem. Dioda D_1 je katodou připojena k rezistoru, anodou na zemní potenciál. Druhá dioda D_2 je připojena anodou k rezistoru, katodou ke kladnému pomocnému napětí 2,8 V. Dioda D_1 omezuje zápornou vstupní amplitudu asi na $-0{,}7$ V, dioda D_2 kladnou výstupní amplitudu přibližně na úroveň logického napájecího napětí. Rezistor mezi operačním zesilovačem a logickým členem udržuje výstupní proud operačního zesilovače na konstantní velikosti.

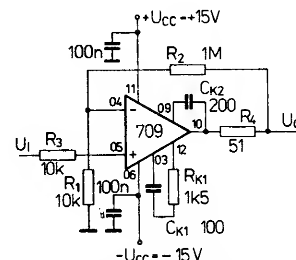
Operační zesilovače se doporučuje chránit proti zničení chybným přepólováním napájecích napětí. K tomu postačí zapojit do přívodu kladného a záporného napětí po jedné křemíkové diodě pólované ve směru průtoku proudu. Při špatně pólovaných napájecích zdrojích budou diody nevodivé a zabrání zničení integrovaného obvodu.

Účelná je rovněž ochrana operačního zesilovače před napěťovými špičkami ze zdroje. K ochraně postačí Zenerova dioda s vhodným Zenerovým napětím, připojená mezi vývody $-U_{CC}$ a $+U_{CC}$ (anoda je připojena k zápornému zdroji, katoda ke kladnému zdroji přes ochranný rezistor 100 Ω).

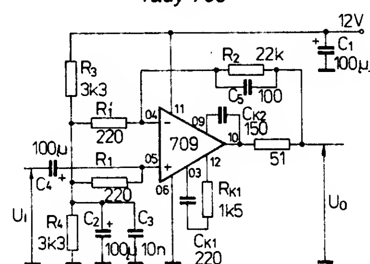
Doporučená zapojení

Protože v naší časopisecké i knižní literatuře bylo publikováno mnoho zajímavých zapojení s operačními zesilovači řady 709 včetně zesilovačů TESLA typů MAA501 až MAA504, uvádíme pro doplnění jen dvě zajímavá nf zapojení, která platí pro všechny součástky popsané řady. Na obr. 107 je úplné zapojení invertujícího zesilovače, na obr. 108 neinvertujícího zesilovače.

Zapojení na obr. 109 pracuje jako nf předzesilovač s malým šumem. K napájení se používá unipolární napětí +12 V, které se připojuje na vývod $+U_{CC}$, vývod $-U_{CC}$ je spojen se zemí. Pracovní bod zesilovače je nastaven rezistory R_3, R_4 (6 V). Kondenzátory C_3 a C_2 slouží k odblokování střídavého napětí. Vstupní šumové napětí předzesilovače je lepší než 2 μV, vstupní impedance



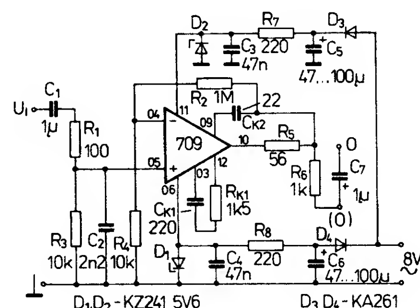
Obr. 108. Neinvertující operační zesilovač řady 709



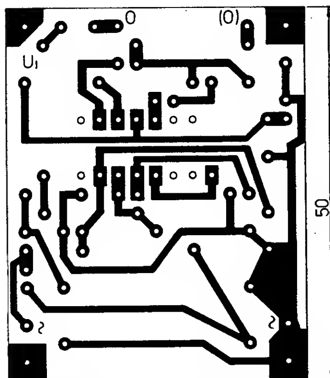
Obr. 109. Nízkofrekvenční předzesilovač s malým šumem, osazený operačním zesilovačem řady 709

220 Ω. Šířka přenášeného pásma pro pokles ±1 dB je 20 Hz až 20 kHz, zesílení je 40.

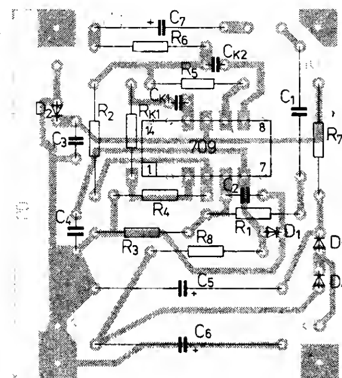
Další zajímavé zapojení nf předzesilovače se zesílením 100, které se může podle potřeby zmenšit změnou rezistoru R_2 (zmenšením jeho odporu), je na obr. 110. Zesilovač je vhodný pro laboratorní pokusy zájemců, kteří se chtějí seznámit s vlastnostmi a funkcí operačního zesilovače. Napájí se střídavým napětím ze zvonkového transformátorku. Součástí zesilovače je dvoucestný usměrňovač se dvěma křemíkovými univerzálními diodami D_3, D_4 typu KA261, KA265, KA267 nebo diodami podobných vlastností. Usměr-



Obr. 110. Nízkofrekvenční předzesilovač se zesílením 100, osazený operačním zesilovačem řady 709; zesilovač je vybaven vlastním usměrňovacím zdrojem



Obr. 111a. Deska s plošnými spoji X208 pro sestavení nf předzesilovače podle obr. 110



Obr. 111b. Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji nf předzesilovače podle obr. 110

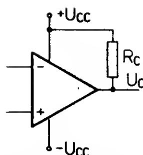
něné a vyhlazené napájecí napětí je stabilizováno Zenerovými diodami D_1, D_2 typu KZ241/6V2, popřip. KZ721 nebo KZZ71. Zesilovač se může použít též k různým kontrolním a hlídacím účelům. Ve spojení s integrovaným koncovým zesilovačem typu MBA810S nebo MBA810DS a ke vstupu připojeným mikrofonem může celek sloužit jako akustický hlídač.

K sestavení popsaného nf předzesilovače je možné použít desku s plošnými spoji podle obr. 111a. Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 111b.

Operační zesilovače s otevřeným kolektorovým výstupem

Oblíbené a velmi rozšířené operační zesilovače řady 709, 741 a 748 mají dvojčinný výstupní stupeň. Proto se jejich vnější zapojení omezuje především na vstupy, vyvážení vstupní napěťové a proudové nesymetrie, nastavení napěťového zisku a popřip. vnější kmitočtovou kompenzaci. Výstupní zapojení je prakticky neměnné, pokud se nepoužijí k rozšíření diskrétní tranzistory a pasívní součástky.

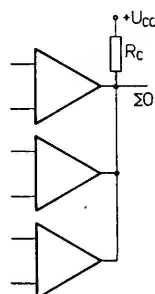
Vhodným doplňkem uvedených operačních zesilovačů jsou operační zesilovače s otevřeným kolektorovým výstupem. Systém těchto zesilovačů není vybaven známou horní částí výstupního stupně. Při potřebném vybuzení sice může vzniknout na výstupu těchto zesilovačů záporné napětí o velikosti blízké napájecímu napětí, v žádném případě však kladné výstupní napětí. Proto k základnímu zapojení operačních zesilovačů s otevřeným kolektorem patří kolektorový rezistor R_C, připojený mezi zdroj kladného napětí $+U_{CC}$ a výstup podle obr. 112. Uvede-



Obr. 112. Základní zapojení operačních zesilovačů s otevřeným kolektorovým výstupem; výstup detektoru je spojen s kladným napájecím napětím rezistorem R_C

ný rezistor bývá často označován jako zatěžovací rezistor R_L, což není zcela správné.

Jednou z velkých předností popisovaných operačních zesilovačů je možnost spojovat výstupy stejných typů součástek do společného výstupu. Do společného vývodu se pak zařadí společný rezistor R_C, který se připojí ke kladnému napájecímu napětí podle obr. 113.



Obr. 113. Výstupy operačních zesilovačů s otevřeným kolektorem se mohou spojovat do společného výstupu, který se musí opět spojit výstupním odporem R_C s kladným napájecím napětím

Operační zesilovače řady 761

Jediným výrobcem operačních zesilovačů s otevřeným kolektorovým výstupem v zemích RVHP je podnik VEB Halbleiterwerk, Frankfurt/O, v NDR. Sortiment vyráběných typů je bohatý. Ze sedmi typů zesilovačů je pět typů s jedním systémem, jeden se dvěma a jeden se čtyřmi systémy zesilovačů. Všechny typy jsou vyráběny s určením pro použití v komerčních přístrojích s rozsahem teplot od 0 do +70 °C a pro průmyslové přístroje, pracující v rozsahu teplot od −25 do +85 °C. Přehled sortimentní skladby popisovaných součástek je v tab. 35.

Sedm základních typů operačních zesilovačů řady 761 se odlišuje úpravou vnitřního zapojení vstupů a výstupů, popřip. napájecím napětím. Zesilovače B761D, B765D jsou určeny pro provoz s napájecím napětím od ±1,5 V do ±18 V, B671D, B675D s napětím od ±1,5 V do ±10 V, všechny ostatní typy napětím od ±2 V do ±15 V.

Zesilovač B611D, B615D, B631D, B635D mají vstupní stupeň vybavený tranzistory v Darlingtonově zapojení, proto je jejich vstupní odpor velký, vstupní klidový proud naopak malý.

Zesilovače B611D, B615D, B621D, B625D mají výstup upraven tak, aby byl slučitelný s logikou TTL. Tyto součástky jsou určeny především jako komparátory. Při zesílení menším než 60 dB jsou náchylné ke kmitání.

Sdružené zesilovače B2761D, B2765D mají na společném čipu dva systémy operačních zesilovačů základního typu 761D, B4761D, B4765D čtyři zesilovače typu B761D.

Všechny uvedené součástky nemají vývody pro vyvážení vstupní nesymetrie. Vyvážení není u nich zpravidla nutné. V případech, kdy se vyvážení vstupní nesymetrie nevyhneme, musí se použít některé ze známých zapojení, používaných u zesilovačů řady 709 (např. podle obr. 106).

Dvojité a čtyřnásobné operační zesilovače B2761D, B2765D, B4761D, B4765D jsou vybaveny vnitřní kmitočtovou kompenzací, u většiny ostatních je možné snadno zavést vnější kompenzaci.

Všechny popisované integrované obvody se napájejí symetrickým napětím, mohou se však napájet i z nesymetrického napájecího zdroje. Výstupní proud všech typů je max. 70 mA. Zbytkové napětí je při tomto proudu velmi příznivé. U zesilovačů B611D, B615D, určených pro spolupráci s obvody TTL, se může napájet budicí tranzistor koncového stupně odděleně, čímž se dosáhne zvlášť malého zbytkového napětí.

Univerzální použití operačních zesilovačů dovoluje poměrně velký rozsah vstupního souhlasného a diferenčního napětí. Napájejí-li se operační zesilovače z nesymetrického zdroje, může se pracovat s malým vstupním napětím asi do 800 mV, aniž by se zesilovače začaly chovat nepředvídatelně. Zvlášť malé napájecí napětí (minimálně 3 V) postačuje ke spolehlivému provozu zesilovačů B761D a B861D.

Funkční skupinové zapojení operačních zesilovačů s jedním systémem je na obr. 118, dvojitého zesilovače na obr. 119. Základní zapojení platí pro všech pět jednoduchých typů. Každý ze zesilovačů se skládá ze vstupního diferenčního zesilovače, základního „mezizesilovače" a výstupního stupně. Společný zdroj konstantního napětí napájí všechny tři stupně. Zdroj konstantního proudu je společný pro oba systémy dvojitých operačních zesilovačů B2761D, B2765D. Dvojité a čtyřnásobné zesilovače jsou vybaveny čtvrtým stupněm vnitřní kmitočtové kompenzace. Čtyřnásobný zesilovač je složen ze dvou identických dvojic dvojnásobných zesilovačů B2761D na monolitické křemíkové podložce.

Úplné vnitřní elektrické zapojení všech pěti jednoduchých zesilovačů je na obr. 120. Jak je patrné z tab. 35, mají operační zesilovače řady 761 vstupní stupeň podle typu buď jednoduchý nebo diferenční s Darlingtonovým tranzistorem. Jednoduchý vstupní stupeň obsahuje rovněž tranzistory v diodovém zapojení, které slouží jako ochranné diody. V Darlingtonově vstupu jsou tyto tranzistory zapojeny jako Darlingtonův zesilovač. Na obou kolektorových rezistorech tranzistorů T_1, T_2 vstupního stupně se odebírá zesílený signál a přivádí se na vstup mezizesilovacího stupně.

Tab. 35. Přehled operačních zesilovačů s otevřeným kolektorovým výstupem řady 761

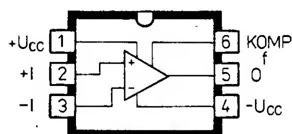
Rozsah provozních teplot A	B	Počet systémů	Vstup	Výstup	Kmitočtová kompenzace	Pouzdro	Zapojení vývodů obr.
B761D	B765D	1	jednoduchý	Darlington	vnější	DIL-6	114
B861D	B865D	1	jednoduchý	Darlington	vnější	DIL-6	114
B611D	B615D	1	Darlington	TTL-sluč.	bez	DIL-6	115
B621D	B625D	1	jednoduchý	TTL-sluč.	bez	DIL-6	115
B631D	B635D	1	Darlington	Darlington	vnější	DIL-6	114
B2761D	B2765D	2	jednoduchý	Darlington	vnitřní	DIL-8	116
B4761D	B4765D	4	jednoduchý	Darlington	vnitřní	DIL-14	117

A: 0 až +70 °C; B: −25 až +85 °C

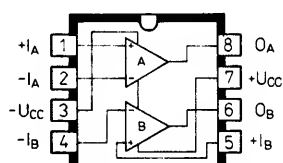
Tab. 36. Mezní údaje operačních zesilovačů řady 761

Napájecí napětí z kladného a záporného zdroje B861D, B865D: B761D, B765D: B611D, B615D, B621D, B625D, B631D, B635D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: Vstupní napětí souhlasné všechny typy:	 $\pm U_{CC}$ = ±1,5 [1]) až ±10 V $\pm U_{CC}$ = ±1,5 [1]) až ±18 V $\pm U_{CC}$ = ±2 [1]) až ±15 V U_{IC} = $-U_{CC}$ až $+U_{CC}$
Vstupní napětí diferenční $\pm U_{CC}$ = ±1,5 až ±7,5 V B761D, B765D, B861D, B865D, B621D, B625D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: $\pm U_{CC}$ = ±2 až ±6,5 V B611D, B615D, B631D, B635D: $\pm U_{CC}$ = ±7,5 až ±18 V B761D, B765D:	U_{ID} = $-(+U_{CC}$ + $-U_{CC})$ až $(+U_{CC}$ + $-U_{CC})$
$\pm U_{CC}$ = ±7,5 až ±10 V B861D, B865D:	U_{ID} = −15 až +15 V,
$\pm U_{CC}$ = ±7,5 až ±15 V B621D, B625D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D:	U_{ID} = −15 až +15 V,
$\pm U_{CC}$ = ±6,5 až ±15 V B611D, B615D, B631D, B635D	U_{ID} = −13 až +13 V.
Výstupní proud všechny typy: Teplota přechodu všechny typy: Tepelný odpor všechny typy mimo B4761D, B4765D: pouze B4761D, B4765D: Rozsah provozních teplot okolí B761D, B861D, B611D, B621D, B631D, B2761D, B4761D: B765D, B865D, B615D, B625D, B635D, B2765D, B4765D:	 I_O ≦ 70 mA. ϑ_j ≦ 150 °C. R_{thja} ≦ 140 K/W, R_{thja} ≦ 120 K/W. ϑ_a = 0 až +70 °C, ϑ_a = −25 až +85 °C.

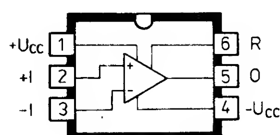
1) Minimální provozní napětí.
2) Napětí se vztahují vůči zemnímu potenciálu (vůči středu napájecích napětí $+U_{CC}$ a $-U_{CC}$).
Vstupní napětí diferenční je napětí neinvertujícího vstupu vztažené vůči invertujícímu vstupu.



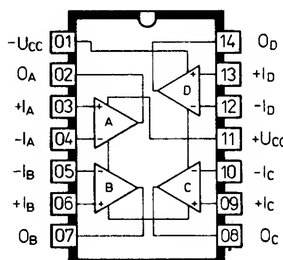
Obr. 114. Zapojení vývodů operačních zesilovačů B631D, B635D, B761D, B861D, B765D, B865D



Obr. 116. Zapojení vývodů operačních zesilovačů B2761D, B2765D



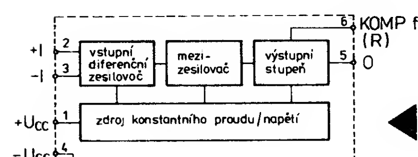
Obr. 115. Zapojení vývodů operačních zesilovačů B611D, B615D, B621D, B625D



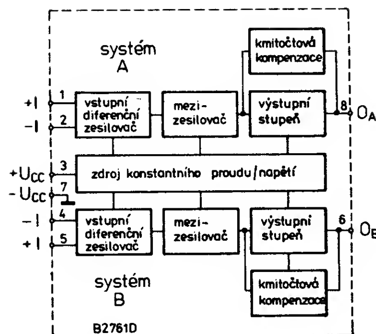
Obr. 117. Zapojení vývodů operačních zesilovačů B4761D, B4765D

Tab. 37. Charakteristické údaje operačních zesilovačů řady 761

Platí při ϑ_a = 25 °C −5 K, $\pm U_{CC}$ = ±15 V; B861D; B865D: $\pm U_{CC}$ = ±10 V; R_C = 2 kΩ	
Vstupní napěťová nesymetrie R_S = 50 Ω B761D, B765D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: B621D, B625D: B861D, B865D: B611D, B615D, B631D, B635D:	 U_{IO} = −6 až +6 mV, U_{IO} = −7,5 až +7,5 mV, U_{IO} = −10 až +10 mV, U_{IO} = −15 až +15 mV.
Vstupní proudová nesymetrie B761D, B765D, B861D, B865D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D, B621D, B625D: B611D, B615D, B631D, B635D:	 I_{IO} = −300 až +300 nA, I_{IO} = −25 až +25 nA.
Vstupní klidový proud B761D, B765D, B861D, B865D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D, B621D, B625D: B611D, B615D	 I_{IB} ≦ 1 μA, I_{IB} ≦ 0,05 μA.
Napěťové zesílení otevřené smyčky U_O = ±10 V B861D, B865D: U_O = ±5 V B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: B721D, B765D: B611D, B615D, B621D, B625D, B631D, B635D:	 A_{u0} ≧ 75 dB. A_{u0} ≧ 80 dB, A_{u0} ≧ 81,5 dB, A_{u0} ≧ 75 dB.
Rozsah vybuzení výstupního napětí $\pm U_{ID}$ = 1 V: B761D, B765D, B631D, B635D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: B611D, B615D, B621D, B625D: B861D, B865D: R_C = 620 Ω: B761D, B765D, B861D, B865D, B2761D, B2765D: B611D, B615D, B621D, B625D: B4761D, B4765D: R_C = 400 Ω: B861D, B865D:	 U_O = 14,9 až −14 V, U_O = 14,9 až −14,8 V, U_O = 9,8 až −9,0 V; U_O = 14,9 až −12,5 V, U_O = 14,9 až −14 V, U_O = 14,0 až −11,5 V; U_O = 9,8 až −8,0 V.
Napěťové zesílení otevřené smyčky $\pm U_{CC}$ = ±5 V, U_O = ±2 V B761D, B765D, B861D, B865D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: B611D, B615D, B631D, B635D, B621D, B625D:	 A_{u0} ≧ 70 dB, A_{u0} ≧ 65 dB.
Rozsah vybuzení výstupního napětí $\pm U_{CC}$ = ±5 V B761D, B765D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: B861D, B865D:	 U_O = 4,9 až −4,0 V, U_O = 4,8 až −4,0 V.
Zbytkové napětí I_O = 10 mA B611D, B615D, B621D, B625D: ostatní typy:	 U_{00} ≦ 0,2 V, U_{00} ≦ 1,0 V.
Potlačení souhlasného napětí R_S = 50 Ω, U_{IC} = ±10 V B761D, B765D, B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: B611D, B615D, B621D, B625D, B631D, B635D: R_S = 50 Ω, U_{IC} = ±7 V B861D, B865D	 CMR ≧ 65 dB, CMR ≧ 60 dB, CMR ≧ 60 dB.
Potlačení vlivu změn napájecího napětí ΔU_{CC} = 10 V: B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: ostatní typy: ΔU_{CC} = 7 V B861D, B865D:	 SVR ≦ 100 μV/V, SVR ≦ 200 μV/V; SVR ≦ 200 μV/V.
Závěrný proud výstupu B861D, B865D: ostatní typy:	 I_{OR} ≦ 100 μA, I_{OR} ≦ 10 μA.
Napájecí proud R_C = ∞, U_I = 0 V B2761D, B2765D, B4761D, B4765D: ostatní typy:	 I_{CC} ≦ 3 mA, I_{CC} ≦ 1,5 mA.



Obr. 118. Funkční skupinové zapojení operačních zesilovačů řady 761 s jedním systémem



Obr. 119. Funkční skupinové zapojení operačních zesilovačů B2761D, B2765D se dvěma systémy

Mezizesilovací stupeň se skládá ze dvou tranzistorů, které zajišťují invertující a neinvertující funkci. Mezizesilovací stupeň je shodný u všech popisovaných zesilovačů řady 761.

Výstupní zesilovač operačních zesilovačů je podle typu obvodu buď v Darlingtonově zapojení nebo je proveden jako výstup slučitelný s logikou TTL. Výstup slučitelný s logikou TTL má rozděleny kolektory, čímž se dosáhlo menšího výstupního zbytkového napětí. Navíc odpadla vnější kmitočtová kompenzace. Darlingtonovy výstupy mají kolektory obou tranzistorů navzájem spojeny. Výstupy dvojitých a čtyřnásobných zesilovačů jsou doplněny kondenzátorem s kapacitou 20 pF (kmitočtová kompenzace).

Vnitřní zdroj konstantního napětí vyrábí stabilní napětí asi 0,6 V pro napájení všech tří zesilovacích stupňů konstantním proudem. Tím je zajištěna nízká dolní hranice pracovního napájecího napětí, malý vliv změn napájecího napětí na charakteristické veličiny a dobré potlačení vlivu změn napájecího napětí na vstupní napěťovou nesymetrii.

Dvojité a čtyřnásobné operační zesilovače sdružují přesně stejné dva či čtyři systémy na společném čipu. Oba systémy dvojnásobných zesilovačů napájí společný zdroj konstantního napětí podle obr. 119. Čtyřnásobný zesilovač je ze dvou shodných úplných dvojitých zesilovačů (tedy monolitický systém dvou zesilovačů podle obr. 119). Kompenzační kondenzátory pro kmitočtovou kompenzaci jsou v obou případech integrovány přímo na čipu součástky.

Jak již bylo uvedeno, všechny typy operačních zesilovačů řady 761 jsou vybaveny výstupem s otevřeným kolektorem. Proto se musí vždy zapojit rezistor mezi výstup a kladné napájecí napětí. Možnost vzájemného spojení výstupů několika zesilovačů přináší celou řadu zajímavých praktických zapojení, které s jinými druhy operačních zesilovačů nejsou možné.

Mezní údaje operačních zesilovačů řady 761 jsou uvedeny ve společné tab. 36, charakteristické údaje v tab. 37. Výrobní podnik vyrábí méně jakostní operační zesilovače všech popsaných typů pro amatérskou potřebu, označuje je na konci typového znaku S1 (např. B761DS1) a prodává je v sáčcích (např. v sáčku č. 13) v odborných prodejnách součástek v NDR. Elektrické údaje těchto operačních zesilovačů jsou v tab. 38.

Zapojení vývodů jednotlivých typů zesilovačů je na obr. 114 až 117. Funkce vývodů: −I – invertující vstup, +I – neinvertující vstup, KOMP *f* – přípoj vnějšího kompenzačního členu pro kmitočtovou kompenzaci výstupu (kondenzátor s kapacitou 22 pF), R – přípoj vnějšího rezistoru (s odporem 6,8 kΩ) pro napájení kolektoru tranzistoru T_8 ve výstupním stupni pouze u typů B611D, B615D, B621D, B625D, $+U_{CC}$ – přípoj kladného napájecího napětí, $-U_{CC}$ – přípoj záporného napájecího napětí.

Provozní doporučení

Jak již bylo uvedeno, mají všechny zesilovače řady 761 výstup s otevřeným kolektorem. Proto se v každém případě musí spojit výstup zesilovače rezistorem R_C s kladným napájecím napětím podle zapojení na obr. 121. Přitom se musí postupovat tak, aby výstupní proud nepřekročil 70 mA. Větší výstupní proud může zničit integrovaný obvod. Potřebný odpor kolektorového rezistoru R_C se může vypočítat z provozního napájecího napětí a žádaného výstupního proudu. Jestliže se nevyžaduje velký výstupní proud, může se při napájecím napětí ±15 V použít rezistor s odporem 2 kΩ. Při větších proudech se musí počítat s tím, že v důsledku zvětšeného zbytkového napětí tranzistorů výstupního stupně bude omezen rozsah vybuditelnosti zesilovače. Horní hranice kolektorového rezistoru je 20 kΩ. Nedodrží-li se, může se zesilovač samovolně rozkmitat.

Operační zesilovače B611D, B615D, B621D, B625D s výstupem slučitelným s logikou TTL mají Darlingtonův výstupní stupeň rozdělen. Oba kolektory výstupních tranzistorů jsou vybaveny samostatně. U těchto obvodů se musí kolektor budicího tranzistoru rovněž spojit samostatným rezistorem R s kladným napájecím napětím (viz obr. 121a). Odpor rezistoru R má být 3 až $20R_C$. Skutečný odpor rezistoru ovlivňuje závislost zbytkového napětí U_{OO} při výstupním proudu I_O. Čím větší bude odpor rezistoru R, tím bude strmější zbytkové napětí (v praxi lze tak ovlivnit rozsah vybuzení při větších výstupních proudech). Pro volbu odporu rezistoru R_C platí v zásadě stejné podmínky jako u zesilovačů s Darlingtonovým výstupem. Vždy se musí počítat s tím, že proud vývodem R nemá být větší než 10 mA.

Charakteristické vlastnosti popisovaných zesilovačů se v rozsahu dovoleného napájecího napětí změnou přiváděného napětí nijak nezmění. Zásluhu na tom má integrovaný společný zdroj konstantního napětí, který řídí zdroj konstantního proudu pro všechny stupně zesilovače. Nezávisle na této skutečnosti se doporučuje blokovat proti zemi přívody napájejících napětí kondenzátory s kapacitou 10 až 100 nF a to přímo na integrovaném obvodu.

Operační zesilovače řady 761 nejsou vybaveny vnitřní kompenzací vstupní nesymetrie. Pokud se musí vstupní nesymetrie vyvážit, musí se použít vnější zapojení, kterým se do jednoho z obou vstupů přivádí proud; jako nejvýhodnější se osvědčilo použít vstup v předpokládaném zapojení nevyužitý.

Návrh vhodného zapojení invertujícího zesilovače je na obr. 122 až 124. První zapojení je obdobou zapojení, používaného ke kompenzaci vstupní nesymetrie operačních zesilovačů řady 709. Jednodušší zapojení na obr. 123 používá ke kompenzaci pouze jeden odporový trimr 47 kΩ. Rozsah vyvážení vstupní napěťové nesymetrie ±15 mV stačí ke kompenzaci všech typů zesilovačů.

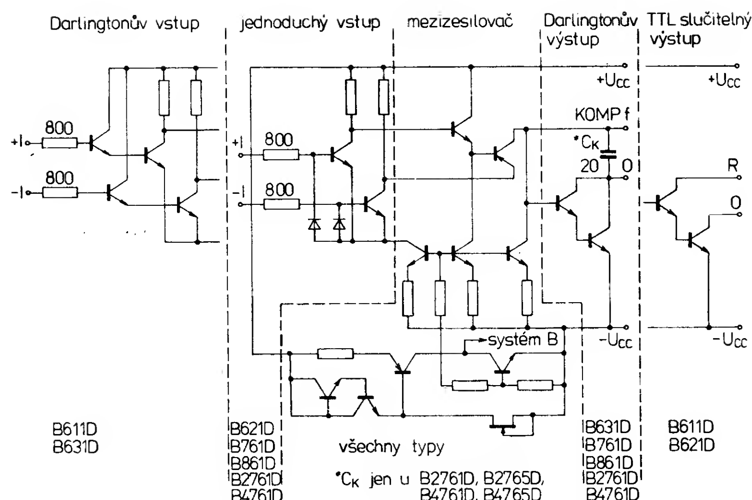
Stejný rozsah vyvážení ±15 V má rovněž další kompenzační zapojení podle obr. 124, u něhož se využívá odporového děliče v neinvertujícím vstupu, ostatní součástky jsou stejné jako v předchozím zapojení.

Vnější kmitočtovou kompenzaci je možné zavádět u operačních zesilovačů B761D, B861D, B631D, B635D. K tomu postačí připojit mezi vývod *6* a výstup kondenzátor s kapacitou od 3 pF do 22 pF. Kapacita použitého kompenzačního kondenzátoru ovlivňuje napěťové zesílení naprázdno v závislosti na pracovním kmitočtu operačního zesilovače. Šířka přenášeného pásma bude tím větší, čím menší bude kapacita kompenzačního kondenzátoru. Dolní hranice kapacity 3 pF se nesmí překročit. Informativní závislost zesílení operačních zesilovačů na

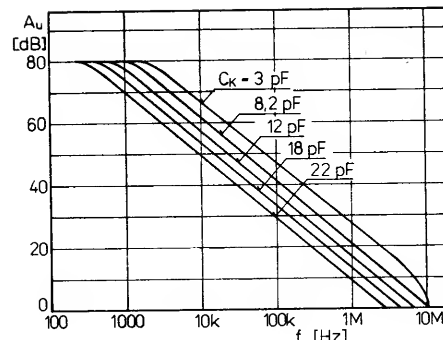
Tab. 38. Elektrické údaje operačních zesilovačů řady 761 pro radioamatérskou potřebu (na konci typového znaku označení S1)

Charakteristické údaje Platí při $\pm U_{CC}$ = ±15 V, u B861D S1 $\pm U_{CC}$ = ±10 V; R_C = 2 kΩ	
Napájecí napětí	
B861D S1:	$\pm U_{CC}$ = ±1,5 až ±10 V,
B611D S1, B621D S1, B631D S1:	$\pm U_{CC}$ = ±2,0 až ±15 V,
B2761D S1, B4761D S1:	$\pm U_{CC}$ = ±2,0 až ±15 V,
B761D S1:	$\pm U_{CC}$ = ±1,5 až ±18 V.
Výstupní proud	
všechny typy:	$I_O \leqq$ 70 mA.
Vstupní napěťová nesymetrie	
B761D S1, B2761D S1, B4761D S1:	$U_{IO} \leqq$ 6 mV,
B621D S1:	$U_{IO} \leqq$ 7,5 mV,
B861D S1:	$U_{IO} \leqq$ 10 mV,
B611D S1, B631D S1:	$U_{IO} \leqq$ 15 mV.
Vstupní proudová nesymetrie	
B761D S1, B861D S1, B621D S1:	$I_{IO} \leqq$ 300 nA,
B2761D S1, B4761D S1, B611D S1:	
B631D S1:	$I_{IO} \leqq$ 25 nA.

Vstupní klidový proud	
B761D S1, B861D S1, B621D S1:	$I_{IB} \leqq$ 1 μA,
B2761D S1, B4761D S1, B611D S1,	
B631D S1:	$I_{IB} \leqq$ 0,05 μA.
Napěťové zesílení při velkém signálu	
B861D S1:	$A_u \geqq$ 5600
B761D S1:	$A_u \geqq$ 11 800,
B2761D S1, B4761D S1:	$A_u \geqq$ 10 000,
B611D S1, B621D S1, B631D S1:	$A_u \geqq$ 5600.
Rozsah vybuzení výstupního napětí	
B761D S1, B2761D S1, B4761D S1,	
B631D S1:	U_O = 14,9 až −13,8 V,
B611D S1, B621D S1:	U_O = 14,9 až −14,6 V,
B861D S1:	U_O = 9,8 až −7,5 V.
Potlačení vlivu změn napájecího napětí na vstupní nesymetrii	
B2761D S1, B4761D S1:	SVR $\leqq$ 100 μV/V,
ostatní typy:	SVR $\leqq$ 200 μV/V.
Potlačení souhlasného napětí	
B861D S1, B611D S1, B621D S1,	
B631D S1:	CMR $\geqq$ 1000,
B761D S1, B2761D S1, B4761D S1:	CMR $\geqq$ 1700.
Napájecí proud	
B861D S1, B27761D S1:	$I_{CC} \leqq$ 1,5 mA,
B4761D S1:	$I_{CC} \leqq$ 3,0 mA,
ostatní typy:	$I_{CC} \leqq$ 2,5 mA.



Obr. 120. Vnitřní elektrické zapojení operačních zesilovačů řady 761



Obr. 125. Závislost napěťového zesílení operačních zesilovačů B761D, B765D, B861D, B865D v závislosti na provozním kmitočtu při různých kapacitách kompenzačního kondenzátoru

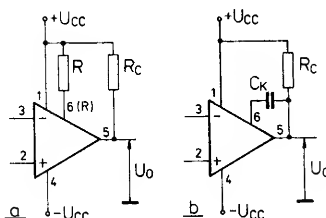
pracovním kmitočtu při různých kompenzačních kapacitách je na obr. 125.

Dvojité a čtyřnásobné operační zesilovače mají šířku přenášeného pásma pevně dánu vestavěným kompenzačním kondenzátorem 20 pF, který do jisté míry omezuje možnosti jejich použití. Při malém zesílení se může vyskytovat nežádoucí rozkmitání na kmitočtu okolo 2 MHz. Pracují-li tyto operační zesilovače s malým signálem, postačí zmenšit odpor rezistoru R_C, čímž se zvětší výstupní proud. Přídavné opatření k potlačení rozkmitání zesilovače je nutné tehdy, nemá-li zvětšení výstupního proudu předpokládaný účinek, nebo není-li zvětšení proudu žádoucí. Nutno je rovněž přídavné potlačení možnosti rozkmitání, pracuje-li operační zesilovač s velkým signálem. Jako spolehlivé se osvědčilo připojení útlumového členu *RC* mezi vstupy operačního zesilovače podle obr. 126. Toto opatření je vhodné ke kompenzaci zesilovače, který pracuje s malým zesílením. Rezistory R_1, R_2 mohou mít libovolný odpor. Vyžadujeme-li odpor těchto rezistorů větší než 5 kΩ, musí se použít ke kmitočtové kompenzaci vstupů dva kondenzátory s kapacitou 18 pF, zapojené podle obr. 127.

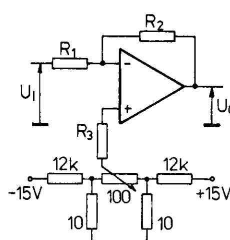
Zvláštní případ zapojení operačního zesilovače představuje napěťový sledovač (má zisk 0 dB). Používá se jako impedanční převodník s velkým vstupním odporem a malým výstupním odporem. Použije-li se dvojitý operační zesilovač B2761D jako napěťový sledovač, je nezbytné použít k potlačení samovolného rozkmitání zesilovače, pracujícího s velkým signálem, zapojení podle obr. 128. Na obrázku je znázorněna úprava jednoho systému. Stejná úprava se musí použít též u druhého systému. Na uvedené zapojení nemá žádný vliv ani nesymetrické napájecí napětí.

Vnitřní kmitočtová kompenzace dvojitých a čtyřnásobných operačních zesilovačů B2761D a B4761D umožňuje používat je v nízkofrekvenčních zapojeních, pracujících s velkým signálem. Podstatnou úlohu v nich však hraje vnitřní šum a zkreslení, které žádný z výrobců uvedených součástek neuvádí a nezaručuje. Ekvivalentní vstupní šumové napětí je při odporu zdroje budicího signálu 2,5 kΩ v příslušném měřeném vstupu asi 1,5 μV v kmitočtovém rozsahu od 300 Hz do 1500 Hz. Je-li odpor zdroje signálu menší, např. 100 Ω, zmenší se též šumové napětí asi na 0,7 μV.

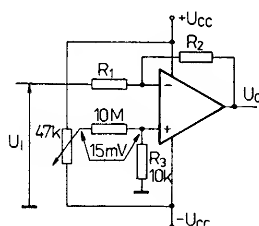
Operační zesilovače s Darlingtonovým vstupem se vyznačují díky vstupnímu zapojení větším typickým vstupním šumovým napětím, které je asi 8,5 μV při odporu zdroje vstupního signálu 1,5 kΩ. Rovněž zkreslení je u nich rozhodující veličinou. Optimální



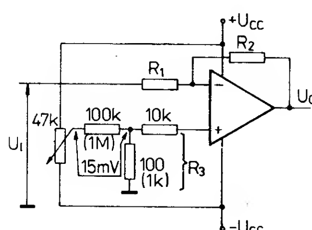
Obr. 121. a) Úplné vnější zapojení nekompenzovaných operačních zesilovačů s otevřeným kolektorem B611D, B615D, B621D, B625D,
b) všech ostatních typů řady 761



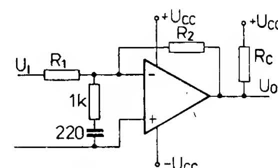
Obr. 122. Způsob vyvážení vstupní nesymetrie operačních zesilovačů řady 761



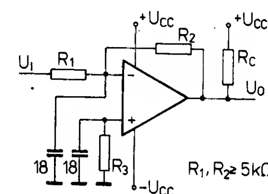
Obr. 123. Jednodušší způsob vyvážení vstupní nesymetrie operačních zesilovačů řady 761 v rozsahu ±15 mV



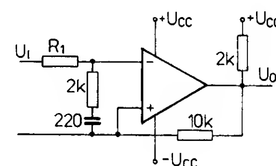
Obr. 124. Upravené zapojení způsobu vyvážení vstupní nesymetrie s rezistorovým děličem v neinvertujícím vstupu



Obr. 126. Zapojení útlumového členu RC ve vstupu pro potlačení samovolného rozkmitání operačního zesilovače, pracujícího s malým zesílením



Obr. 127. Zapojení útlumového členu RC ve vstupu s potlačením samovolného rozkmitání operačního zesilovače, pracujícího s velkým signálem



Obr. 128. Úprava zapojení operačního zesilovače B2761D, B2765D k potlačení nežádoucího rozkmitání v provozu jako napěťový sledovač

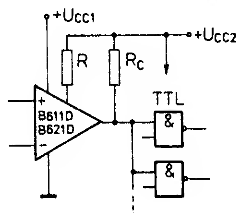
zkreslení je závislé na zesílení, které se musí volit tak, aby signál nebyl omezován při plném vybuzení.

Podstatnou úlohu při použití operačních zesilovačů ve spínacích zapojeních hraje rychlost přeběhu. Tato veličina je závislá na kompenzační kapacitě. Se zvětšující se kapacitou se rychlost přeběhu zmenšuje. Při kompenzační kapacitě 10 pF je asi 1 V/μs. V praxi to znamená, že při vybuzení zesilovače poměrně strmým signálem se změní výstupní napětí o 1 V za dobu 1 μs. S větší kompenzační kapacitou 18 pF se zmenší rychlost přeběhu na 0,7 V/μs. Naopak s nejmenší možnou kapacitou 1 pF se zvětší asi

na 6 V/μs, při téměř nulové kapacitě dosáhne velikosti 12 V/μs. Volba vhodné kompenzační kapacity je ve spínacím provozu velmi důležitá k dosažení nejoptimálnějších pracovních podmínek.

Operační zesilovače B611D, B615D, B621D, B625D, vybavené výstupem slučitelným s logikou TTL, nelze kmitočtově kompenzovat. Jejich hlavní použití je jako komparátor a klopný obvod. Rychlost přeběhu u nich dosahuje až 19 V/μs. Jejich zvláštní vlastnosti dovolují přímo řídit integrované obvody TTL. Zesílení uvedených zesilovačů musí být v provozu větší než 60 dB, jinak se mohou samovolně rozkmitat. Rozdělení kolektorů tranzistorů v Darlingtonově výstupním stupni způsobuje menší zbytkové napětí, než u jiných typů popisovaných součástek. Protože zbytkové napětí odpovídá saturačnímu napětí, je zaručena použitelnost logiky TTL i při malém napájecím napětí.

Zbytkové napětí výstupu závisí na odporu rezistoru R. Čím je odpor rezistoru větší, tím strměji probíhá závislost zbytkového napětí na vstupním proudu. Základní zapojení zesilovačů B611D a B621D ve spolupráci s logickými členy TTL je na obr. 129. Maximální



Obr. 129. Zapojení operačního zesilovače B611D, B615D, B621D, B625D ve spojení s logickými obvody TTL

proud tranzistoru výstupního stupně operačního zesilovače se zásadně nesmí překročit. Maximální zatěžovací činitel výstupu při malém signálu je dán vztahem

$$N = (I_{OL} - U_{CC2}/R_C)/I_{IL};$$

kde I_{OL} je maximální výstupní proud při signálu s úrovní L,
I_{IL} vstupní proud logického členu TTL při signálu s úrovní L,
U_{CC2} napájecí napětí logického členu TTL,
R_C odpor rezistoru, spojujícího výstup operačního zesilovače s kladným napájecím napětím.

Odpor rezistoru R_C se musí volit podle počtu N připojených logických členů TTL, aby vznikl signál s úrovní H nejméně +2,4 V. Volbu rezistoru usnadní vztah

$$R_C \leqq (U_{CC2} - U_{IH}) / (I_{OH} + N I_{IH}),$$

kde I_{IH} je vstupní proud logických členů TTL,
I_{OH} výstupní proud operačního zesilovače,
N počet připojených logických členů.

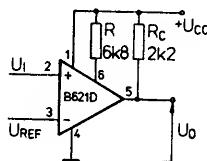
Skutečný odpor rezistoru R_C se má volit v rozsahu od $3R_C$ do $20R_C$. Protékající proud do výstupu nemá překročit 10 mA. Vstupní signály nesmí mít proti zemi napětí menší než je dovolená minimální velikost. Pracovní podmínky pro spolupracující logiku CMOS, DTL či RTL lze upravit obdobným způsobem.

U dvojitých operačních zesilovačů B2761D a B2765D je zaručen přeslech mezi kanály typicky 110 až 120 dB (měřený na kmitočtu 1 kHz při neomezovaném provozu). Při kladném omezování jednoho kanálu se u dvojitých operačních zesilovačů ve druhém kanálu posouvá přenosová charakteristika (až o několik set μV). Projevuje se to zmenšením zisku až o 3 dB a posunutím vstupní napěťové nesymetrie až o 1 mV. Uvedená vazba je závislá na zesílení.

Provozní doporučení pro čtyřnásobné operační zesilovače B4761D a B4765D jsou stejná jako u dvojitých zesilovačů B2761D a B2765D. Vazba mezi kanály může nastat mezi zesilovacími systémy A a D, popříp. B a C. Přeslech u typu B4765D je menší než u typu B4761D.

Doporučená zapojení

Komparátor s operačním zesilovačem B621D v zapojení podle obr. 130 je typickým příkladem využití zesilovačů s výstupem slučitelným s obvody TTL. Na invertující vstup se přivádí referenční napětí U_{REF}. Je-li toto napětí kladné a větší než právě přiváděný signál na neinvertující vstup U_I, je na výstupu komparátoru pouze zbytkové napětí. Jeho velikost závisí na velikosti napájecího napětí a rezistoru R_C (v našem případě je velmi malé, asi 0,2 V). Jestliže vstupní napětí překročí velikost referenčního napětí asi o 3 až 5 mV, sepne výstup komparátoru na napětí



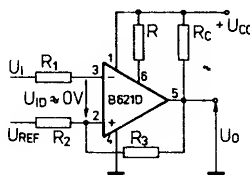
Obr. 130. Operační zesilovače B621D, B625D jako komparátor

blízké napájecímu napětí $+U_{CC}$, pokud výstupní zatěžovací proud neovlivní tuto velikost. Při menším vstupním signálu než má referenční napětí je na výstupu komparátoru jakýsi mezistav, který je ovlivňován šumem a jinými rušivými napětími. K dosažení výstupního napětí velikosti $+U_{CC}$ se musí splnit podmínka

$$U_I - U_{REF} \geqq U_{CC}/A_u.$$

Při zesílení $A_u = 5000$ a napětí $U_{CC} = 5000$ mV je nutné minimální napětí 1 mV. K rychlému přepínání do jiného stavu se musí toto minimální napětí rychle zvětšit.

Charakteristiku překlápění, při níž se překročení referenčního napětí vstupním napětím využívá ke spouštění výstupního napětí z jednoho do druhého stavu, využívá zapojení klopného obvodu podle obr. 131. Při



Obr. 131. Invertující Schmittův klopný obvod s operačním zesilovačem B621D, B625D

vstupním napětí menším než je referenční napětí je výstupní napětí přibližně rovno napájecímu napětí U_{CC}. Velikosti výstupního napětí rovného napájecímu napětí se však na výstupu nedosáhne ani při chodu naprázdno, neboť R_C spolu s rezistory R_3 a R_2 tvoří napěťový dělič, připojený k referenčnímu napětí. Na neinvertujícím vstupu vznikne v závislosti na velikosti napětí U_O a U_{REF} a poměru odporů rezistorů R_2 a R_3 vztažné napětí U_{I+}. Překročí-li vstupní napětí U_I napětí U_{I+}, změní se skokem výstupní napětí zpět na velikost zbytkového napětí. Je to způsobeno tím, že od bodu překlopení zmenšující se napětí zmenší účinně napětí na neinvertujícím vstupu. Proto smí být vstupní napětí menší o velikost danou poměrem $R_2/(R_2 + R_3)$ do doby, než se zapojení překlopí na velké výstupní napětí. Přitom se na neinvertujícím vstupu opět zvětší vstupní napětí, rovněž se zvětší výstupní napětí. Popsaný klopný obvod pracuje s určitou hysterezí překlápění. Tuto hysterezi ovlivňují pouze oba rezistory, nikoli referenční napětí. Změna velikosti referenčního napětí posune ve stejném směru pouze oba body překlápění. Např. při referenčním napětí 0 V bude vstupní napětí na invertujícím vstupu dáno vztahem

$$U_{I+} = U_O \frac{R_2}{R_2 + R_3}.$$

Uvedený vztah platí pouze tak dlouho, pokud se nepřekročí diskutované hranice komparátoru.

Dodrží-li se podmínka $R_2 + R_3 \geqq 100R_C$ lze vypočítat ze zjednodušených vztahů (při zanedbání zbytkového napětí) horní a dolní vstupní napětí invertujícího vstupu a odtud též hysterezi popsaného invertujícího klopného obvodu

$$U_{I+(H)} \approx U_O \frac{R_2}{R_3 + R_2} + U_{REF} \frac{R_3}{R_3 + R_2},$$

$$U_{I+(L)} \approx U_{REF} \frac{R_3}{R_3 + R_2},$$

$$U_{HYS} \doteq U_{I+(H)} - U_{I+(L)} \approx U_O \frac{R_2}{R_3 + R_2}.$$

Protože výstupní napětí U_O je v každém případě závislé na napájecím napětí U_{CC}, je na něm závislá rovněž hystereze. Má-li být spínací bod přes změny napájecího napětí konstantní a závislý pouze na referenčním napětí, musí se stabilizovat napětí zpět přiváděné v úrovni H – v praxi lze doplnit zapojení na obr. 131 stabilizační Zenerovou diodou, která se připojí katodou k výstupu, anodou na zemní potenciál. Vhodný typ diody k tomuto účelu je KZ141 nebo SZX21/5V1 z NDR.

S několika málo pasívními součástkami a dvojitým operačním zesilovačem B2761D je možné sestavit kontrolní zapojení úrovně napětí s dvoubodovým zobrazením. V běžných zapojeních tohoto typu napěťové kontroly se rozsvěcují světelné diody při dosažení napětí na dolní a horní nastavené úrovni. Kontrolní zapojení podle obr. 132 je proti nim obohaceno o periodické blikání v okamžiku, kdy kontrolované napětí dosáhne určité hranice (v navrženém zapojení je přechodový rozsah 100 mV).

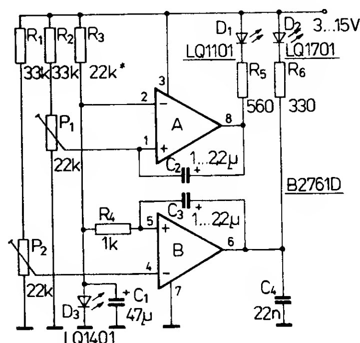
Společný zdroj referenčního napětí má jednu světelnou diodu. Nastaví-li se u ní příslušně větší proud, získáme navíc možnost kontroly zapínání. Smysl tohoto uspořádání závisí na kapacitě a podmínkách použití kontrolovaného zdroje napětí, neboť klidový proud je řádově přibližně stejný jako signální proud, avšak protéká vždy pouze v případě vydávání signálu. Protože je v zapojení využito světelných diod se třemi různými barvami světla (D_1 červená, D_2 zelená, D_3 žlutá), může se kontrolní zapojení používat též ke kontrole napětí palubní sítě v automobilu. Popsané zapojení se napájí jedním

KIKUSUI Oscilloscopes

Superior in Quality,
first class in Performance!

Phoenix Praha A.S., Ing. Havlíček, Tel.: (2) 69 22 906

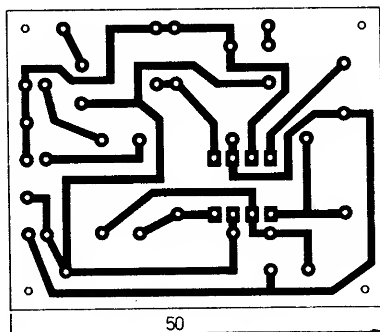
elsinco

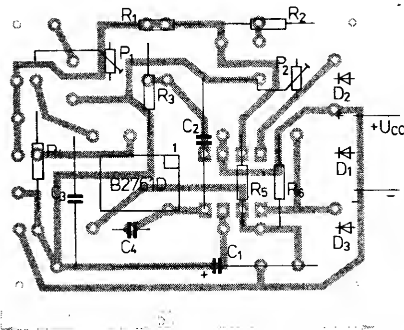


Obr. 132. Zapojení pro dvoubodovou kontrolu napětí s dvojitým operačním zesilovačem B2761D

kladným napětím v rozsahu od 3 V do 15 V. Hranice dolního bodu kontrolovaného napětí se nastavuje odporovým trimrem P_1, horního bodu napětí trimrem P_2. Při jiném napětí než 12 V se musí přizpůsobit odpor rezistorů předřazených světelným diodám tak, aby diodami protékající proud odpovídal výrobcem stanovenému pracovnímu proudu. Použít se mohou jakékoli světelné diody, které jsou na našem trhu (např. LQ1101, LQ1701, LQ1401). Použité odporové trimry jsou typu TESLA TP 112.

K usnadnění praktického zhotovení popsaného kontrolního zapojení je na obr. 133a deska s plošnými spoji, na obr. 133b rozmístění součástek na desce s plošnými spoji.

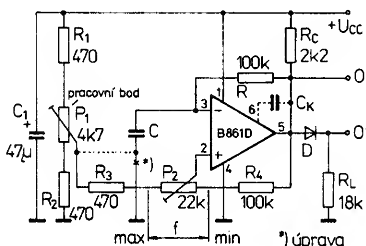




Obr. 133. a) deska s plošnými spoji X209 zapojení pro dvoubodovou kontrolu napětí podle obr. 132, b) rozmístění součástek na desce s plošnými spoji

Jestliže se vypustí čtyři kondenzátory (C_1 až C_4) a rezistor R_1 ze vstupu indikátoru přepětí k referenčnímu napětí, zapojení se zjednoduší a rozsvícená dioda D_1 indikuje pokles napětí, rozsvícená D_2 překročení nastaveného napětí.

Jiné praktické zapojení na obr. 134 představuje generátor pravoúhlého signálu s operačním zesilovačem B861D, napájený jedním kladným napětím, jak tomu zpravidla bývá v přístrojích napájených z baterií. Zapojení bylo vyzkoušeno s napájecím napětím v rozsahu 2,8 V až 9 V. Při vyšším kmitočtu se zhoršuje s klesajícím napětím náběhová strmost. Potenciometrem P_1 se nastavuje napětí („pracovní bod") přibližně na velikost $U_{CC}/2$.



Obr. 134. Generátor pravoúhlého signálu s operačním zesilovačem B861D

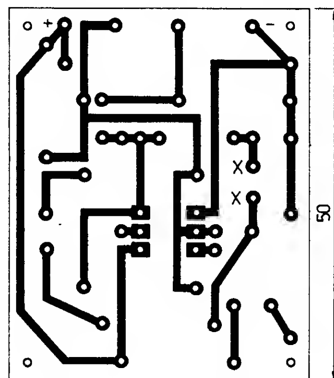
U popsaného zapojení není možnost nastavovat klíčovací poměr výstupního signálu, proto se musí volit kompromis. Posunutím pracovního bodu (trimrem P_1) se zvolí vhodný kompromis, pak se nastaví pracovní kmitočet. Opačným postupem se v každém případě mění kmitočet generátoru. Proto je generátor vhodný tam, kde se nevyžadují žádné změny nastavených veličin nebo kde při pevném klíčovacím poměru se mění jen kmitočet. Při příliš vysokém nastaveném kmitočtu vysadí oscilace generátoru, neboť zpětnovazební napětí bude příliš malé. Použije-li se k napájení generátoru napětí 5 V, oscilace generátoru budou spolehlivé ještě v hranicích vstupního napětí vůči zemi od 4,5 V do 0,8 V.

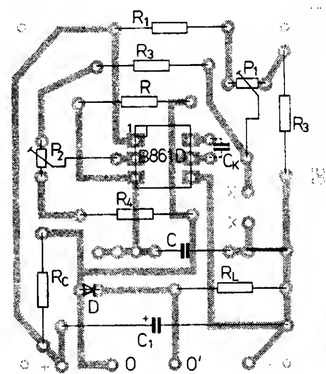
Klíčovací poměr v rozsahu kmitočtu závisí především na kvalitě použitých odporových trimrů. Musí se volit trimry s takovým odporem, aby se nastavená velikost odporu přibližovala krajním polohám běžce. Vhodný typ rezistorových trimrů jsou součástky TESLA TP 112.

Zpojení na obr. 134 má tyto technické vlastnosti: Při napájecím napětí od 2,7 V do 9 V je napájecí proud 1,3 mA až 2,7 mA. Zbytkové napětí výstupu bez diody je 0,8 V, s diodou D (např. KA206) a zatěžovacím rezistorem R_L 10 kΩ je asi 0,1 V. Impulsní poměr je nastavitelný v rozsahu 0,1 až 0,9. Kmitočet je nastavitelný v rozsahu akustických kmitočtů 1:10 bez změny kapacity kondenzátoru C.

V napěťovém rozsahu napájení logiky TTL napětím 5 V ±5 % byla naměřena napěťově závislá změna kmitočtu asi 0,5 % při kmitočtu 3 kHz (symetrický signál). Mezi napájecím napětím 3,9 V až 7,5 V se změní kmitočet asi o ±2 % (vyšší kmitočet je při větším napětí a naopak). Protože použitý kondenzátor C může mít podstatně menší kapacitu než 10 nF, může se podstatně rozšířit možnost využití generátoru v akustickém rozsahu. Poměrně malý odpor zpětnovazebního rezistoru dovoluje použít elektrolytický kondenzátor, který je v jiných zapojeních sotva použitelný (svodový proud).

Na obr. 135a je k dispozici výkres desky





Obr. 135. a) deska s plošnými spoji X210 generátoru pravoúhlého signálu podle obr. 134, b) rozmístění součástek na desce s plošnými spoji

s plošnými spoji, na obr. 135b rozmístění součástek na desce s plošnými spoji. Vývod kondenzátoru C se musí v bodě X spojit drátovým spojem se záporným pólem napájecího napětí.

Protože odpor rezistoru R a kapacita kondenzátoru C se mohou v popsaném zapojení měnit v poměrně širokém rozsahu, může se popsaný modul generátoru použít k nejrůznějším účelům i v kmitočtovém rozsahu pod 1 Hz, např. pro blikače, časové řídicí a spínací obvody apod. Ovšem k tomu ještě upozornění! Kmitočtový rozsah generátoru je určen členem *RC*. Posunutím bodu spouš-

tění potenciometrem P_2 kmitá generátor podle nastaveného rozsahu nabíjecího napětí kondenzátoru C.

Přepojením kondenzátoru C ve styčném bodě X ze zemního potenciálu na běžec potenciometru P_1 (slouží k nastavení pracovního bodu) se podstatně zvětší nastavitelný kmitočtový rozsah generátoru bez změny kapacity kondenzátoru C. Úprava je jednoduchá: přepojí se drátový spoj tak, aby byly spojeny oba styčné body X. Změna kmitočtového rozsahu je značná. Z původního rozsahu 300 Hz až 3 kHz se rozšíří asi na 300 Hz až 14 kHz. V obou případech kmitočet generátoru závisí na nastaveném pracovním bodě. Nejvyšší kmitočet je dán poměrem $U_{CC}/2$, podle směru změny se zvětší šířka impulsu nebo odstup mezi impulsy.

K dosažení velké rychlosti přeběhu se v popsaném zapojení nepoužívá kompenzační kondenzátor C_K (na obr. 134 a 135 je zakreslen čárkovaně). Jestliže se jako kompenzační kondenzátor C_K použije kondenzátor s kapacitou např. 10 nF, bude na výstupu generátoru signál s pilovitým průběhem a nižším kmitočtem. Tvar výstupního signálu se nedá libovolně měnit. S vyšším kmitočtem se rychle zmenšuje amplituda signálu. Při určitém kmitočtu, ovlivňovaném členem *RC*, vznikne sinusový signál s konstantní amplitudou.

(Příště OZ s FET)

VÝSLEDKY KONKURSU AR'88

Ze dvaceti devíti konstrukcí, přijatých do loňského ročníku Konkursu, vybrala hodnotící komise (ve složení: předseda — Doc. Ing. J. Vackář, CSc.; zástupce předsedy — Ing. Jan Klabal, šéfredaktor AR; členové — Ing. František Hanáček, Dr. Antonín Glanc, RNDr. Ladislav Kryška, CSc., Ing. J. T. Hyan, Ing. Přemysl Engel) celkem dvacet.

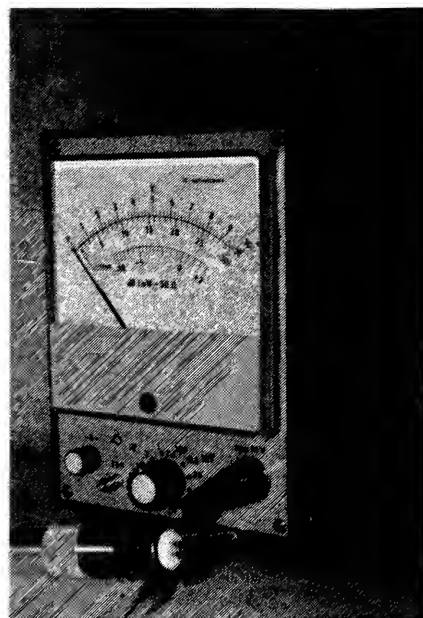
Namísto věcných cen, které nebyly redakci dodány, zajistil podnik Vydavatelství Naše vojsko peněžní poukázky na odběr zboží v obchodních domech.

O celkovém pořadí a výši odměn rozhodla komise na závěrečném jednání dne 25. 11. 1988 takto:

Palubní počítač	Ing. Petr Kessner, Šlapanice Ing. Jan Vomela, Brno	2600 Kčs
Jednotka kmitočtové syntézy pro přijímač FM	Pavel Kotráš, Štiřín	2200 Kčs
Elektronický variometr pro závěsné létání	Ing. Vladimír Rosol, Úhřetice	1600 Kčs
Elektronický anemometr	Karel Hyngar, Ústí nad Labem	1100 Kčs
Infrazávora	Jiří Kadlec, Havířov	1100 Kčs
Kalibrátor osciloskopov	Rudolf Bečka, Nižná	1000 Kčs
Telekomunikační zařízení mimo jednotnou tel. síť	Jan Hinze, Ostrava	1000 Kčs
Stabilizované zdroje KAZ	Ing. Petr Zeman, Brno	1000 Kčs
Měřič intenzity signálu	Ing. Libor Kasl, Plzeň Ing. Jiří Kuncl, Praha 6	700 Kčs
Impulsní zdroj IZ-300	Jaroslav Chochola, Brno	600 Kčs
AUTOTEST	Ing. Jaroslav Vomela, Brno	600 Kčs
Vysokofrekvenční milivoltmetr „300 M 85"	Bohumil Novotný, Pardubice	600 Kčs
Pulser TTL	Lubomír Pikulík, Praha 4	500 Kčs
Jednoduchý vf generátor 700 Hz — 35 MHz	Josef Šmíd, Praha 3	500 Kčs
Zkoušeč tranzistorů a diod	Petr Matuška, Brno	400 Kčs
Stereofonní zesilovač NF	Ing. Vojtěch Skřivan, Prachatice	400 Kčs
Časovač pozitivního procesu	Josef Gabrhelík, Napajedla	400 Kčs
Měřič elektrolytických kondenzátorů	Ing. Jaroslav Belza, Praha 10	300 Kčs
Nabíječ akumulátorů	František Krajča, Mezihoří	300 Kčs
Harmonický zvonek VZC 910	Jiří Vodrážka, Praha 4	200 Kčs

S některými konstrukcemi vás seznamujeme v tomto čísle na fotografiích, prakticky všechny budou postupně uveřejňovány v AR řady A od čísla 5/1989.

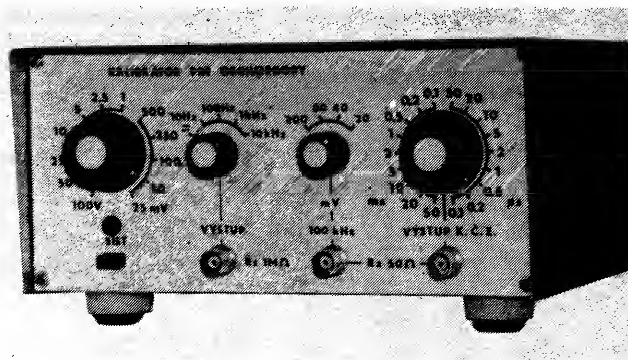
Všem, kteří zaslali do soutěže své příspěvky, děkujeme za účast, odměněným blahopřejeme a těšíme se na letošní nový, jedenadvacátý ročník Konkursu. Jeho podmínky byly uveřejněny v AR č. 4, opakujeme je na další straně, a věříme, že opět přinese řadu nových nápadů a zajímavých konstrukcí pro všechny čtenáře AR.



Vf milivoltmetr „300 M 85" Bohumila Novotného



Palubní počítač pro automobily, autoři ing. Petr Kessner a ing. Jaroslav Vomela



Kalibrátor osciloskopů, autor Rudolf Bečka

Anritsu Instruments

World Leader in
Optical Fiber Measurement Technology
Phoenix Praha A.S., Ing. Havlíček, Tel.: (2) 69 22 906

ELSINCO

Mezinárodní a meziměstská telefonní a telegrafní ústředna

v Praze 3, Olšanská 6

přijme

techniky – inženýry pro vývoj a údržbu SW telekomunikačních zařízení.

Platové zařazení: podle ZEUMS II, podle dosaženého vzdělání a praxe, tř. 10–12 + osobní ohodnocení + prémie.

Pro mimopražské pracovníky zajistíme ubytování.

Informace osobně, písemně i telefonicky na č. telefonu 714 26 75, 27 28 53.

Podmínky Konkursu AR 1989

Pro letošní rok platí přibližně stejná pravidla jako pro rok minulý:

V platnosti zůstává základní tematická náplň — budou přijímány konstrukce, netýkající se výpočetní techniky — pro ty je vyhrazena samostatná soutěž stejně jako loni.

Přihlášené konstrukce budou posuzovány zejména z hlediska jejich původnosti, nápaditosti, technického provedení, vtipnosti a především účelnosti a použitelnosti.

Do konkursu budou přijímány libovolné konstrukce elektronických zařízení (kromě zařízení z oblasti výpočetní techniky) bez ohledu na to, zda jsou jednoduché či složitější. V této souvislosti prosíme naše čtenáře, aby do konkursu nezasílali takové konstrukce, které se již na první pohled zcela vymykají z možností amatérské reprodukovatelnosti, anebo takové, jejichž pořizovací náklady dosahují tisícových částek.

Podmínky konkursu

1. Konkurs je neanonymní a může se ho zúčastnit každý občan ČSSR. Dokumentace musí být označena jménem a adresou a případně i dalšími údaji, které by umožnily v případě potřeby vejít s přihlášeným účastníkem co nejrychleji do styku.
2. V přihlášených konstrukcích musí být použity výhradně součástky dostupné v naší obchodní síti, a to i součástky, dovážené ze zemí RVHP.
3. Přihláška do konkursu musí být zaslána do 5. září 1989 a musí obsahovat:
   a) schéma zapojení,
   b) výkresy desek s plošnými spoji,
   c) fotografie vnitřního i vnějšího provedení, minimální rozměr 9 × 12 cm,
   d) podrobný popis přihlášené konstrukce. V úvodu musí být stručně uvedeno, k jakému účelu má konstrukce sloužit (případně se zdůvodněním koncepce) a shrnuty jeho základní technické údaje.
   e) V případě, že jde o společnou práci dvou nebo více autorů, uveďte, v jakém poměru se na konstrukci podíleli; v uvedeném poměru bude rozpočítána cena či odměna, pokud bude za příslušnou konstrukci udělena
4. Textová část musí být napsána strojem (30 řádků po 60 úhozech), výkresy mohou být na obyčejném papíře a kresleny tužkou, kuličkovou tužkou nebo jinak, ale tak, aby byly přehledné (všechny výkresy jsou v redakci překreslovány). Výkresy i fotografie musí být očíslovány (obr. 1 atd.) a v textu na ně musí být odkazy. Na konci textové části musí být uveden seznam použitých součástek a všechny texty pod jednotlivé obrázky.
5. Přihlášeny mohou být pouze takové konstrukce, které dosud nebyly v ČSSR publikovány — redakce si přitom vyhrazuje právo jejich zveřejnění. Pokud bude konstrukce zveřejněna, bude honorována jako příspěvek bez ohledu na to, zda byla či nebyla v konkursu odměněna.
6. Neúplné či opožděně zaslané příspěvky nemohou být zařazeny do hodnocení. Příspěvky bude hodnotit komise, ustanovená podle dohody pořadatelů. V případě potřeby si komise vyžaduje posudky specializovaných výzkumných pracovišť. Členové komise jsou z účasti na konkursu vyloučeni.
7. Dokumentace konstrukcí, které nebudou ani odměněny, ani uveřejněny, budou na požádání vráceny.
8. Výsledek konkursu bude odměněným sdělen do 15. prosince 1989 a otištěn v AR-A.

Odměny

K odměnění úspěšných soutěžních prací má redakce AR ve Vydavatelství Naše vojsko k dispozici celkovou částku 15 000 Kčs. O počtu a výši jednotlivých odměn rozhodne hodnotící komise, přičemž odměna za jednu přihlášenou a oceněnou konstrukci bude v rozmezí od 200 do 3000 Kčs.

Pokud jde o formu, jakou budou odměny autorům poskytovány, nelze zatím v době, kdy soutěžní podmínky uveřejňujeme, podat závaznou informaci.

O tom, jakou formou budou odměny úspěšným účastníkům Konkursu AR předány, přineseme na stránkách AR informaci co nejdříve po tom, kdy bude známo stanovisko příslušných státních finančních institucí. **Redakce**

Inpulsní zdroj IZ 300, autor Jaroslav Chochola





INZERCE

Inzerci přijímá osobně a poštou Vydavatelství Naše vojsko, inzertní oddělení (inzerce ARB Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51–9, linka 294. Uzávěrka tohoto čísla byla dne 5. 3. 1989, do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát. Neopomeňte uvést prodejní cenu, jinak inzerát neuveřejníme. Text inzerátu pište čitelně, aby se předešlo chybám vznikajícím z nečitelnosti předlohy.

PRODEJ

BFG65, Q69, T65 (200, 180, 100); BB405, 505B (25); BF961, 964, 966, 980, 981 (à 60); BF199, 982 (20, 65); BFR91A, 90A (75), 92A, 34A, 96 (80); NE592 (120) a různé TDA, SL, OM, MC, R prodám nebo vyměním. F. Hudek, Pod Sychrovem 27, 101 00 Praha 10.

A270D (15), IFK120 (80), amat. stroboskop (300), regulátor do akvária (300). V. Drbal, Vydrova 11, 108 00 Praha 10.

IO ICL7106, 27128, 27256 (300); BFR90, 91 (60, 70). Vše Philips. J. Stehlík, Jižní 1824, 470 01 Česká Lípa.

Schneider CPC 464 + GT 65 (9800). J. Pánek, Na Petynce 37, 161 00 Praha 6, tel. 35 03 08.

Osaz. desku tuneru ARA 10/84, KFY18, KFY46, AF239, KC810, KV611, D23OC, KY130/80, KA262 (300, 8, 6, 12, 15, 6, 10, 0.50, 0.5). V. Javůrek, Okružní 6, 315 03 Plzeň.

Zosilňovače VKV – CCIR, OIRT, III.TV, IV.-V.TV s BF961 (à 190), IV.-V.TV s BFT66 + BFR96 (480), výhybka (25), BF961 (50), BFR90, 91, 96 (70). Omámik, Odborárska 1443, 020 01 Púchov.

Pre Atari XL/XE svetelné pero. Hardware + software (250). J. Brummer, Vansovej 14/41, 965 01 Žiar nad Hronom.

KOUPĚ

Krystaly 7500, 14 000, 14 500 kHz. Z. Juráň, Dimitrovova 133, 284 01 Kutná Hora.

Tiskárnu vhodnou k C-64 – normální papír A4, V. Burian, Komenského 154, 749 01 Vítkov.

8255 větší množství. M. Lhotský, Gottwaldova 470, 431 51 Klášterec n. O.

Čas. Radioamatér 1920–30, Krátké vlny 1934–38, Československý radiosvět 1927–37, Philips radio 1929–36, Radio 1940–42, Domácí dílna 1920–24, 1928–33, Nová epocha, Vynálezy a pokroky apod. Celé ročníky nebo jednotlivá čísla. S. Vacek, Střekovská 1344, 182 00 Praha 8.

VÝMĚNA

Obvody C520D za různé součástky – nabídněte. Nebo prodám. M. Lhotský, Gottwaldova 470, 431 51 Klášterec n. O.

RŮZNÉ

Kdo prodá nebo umožní ofotit schéma varhan JVC KB-500, případně poradí s přestavbou. Kdo prodá thyratron na časovou základnu osciloskopu nebo má zkušenosti s přestavbou osciloskopu Vilnes. Dobře odměním. P. Sťahel, 696 74 Javorník 220.

INDIKAČNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE

jsou určeny pro světelnou indikaci určitých stavů nebo změn těchto stavů v elektrických soustavách. Jsou opatřeny světelným zdrojem – vestavěnou doutnavkou. Indikační světelné zdroje lze použít v oblasti spotřebního zboží například v domácích elektrospotřebičích i v elektrických zařízeních, která slouží jako vybavení strojních či investičních celků.

ISZ 70 a ISZ 90
se vyrábějí čiré a v barvách žluté, červené a zelené.
Připojují se přímo na 220 V nožovými kontakty G 6,3.
Jejich tepelná odolnost je 70 a 90 °C.

ISZ 150
se vyrábějí čiré, žluté a červené, připojují se přímo na 220 V. Přívody 200 mm jsou opatřeny silikonovými trubičkami. Tepelná odolnost je zvýšená na 150 °C. Životnost všech ISZ je 5000 hodin.

TESLA s. p. **HOLEŠOVICE**

Jankovcova 15, 170 04 Praha 7, telefon 87 31

Socialistická organizace

koupí

i od jednotlivce prostřednictvím o. p. Klenoty 16(32)bitový PC AT/XT.

Informace na telefonním čísle 231 81 13 Praha.

UPOZORNĚNÍ

V AR B2/89 byly otištěny dvě desky s plošnými spoji, u nichž nebylo uvedeno označení, pod nímž je možno desky objednat. Doplňte si, prosíme, proto u první z desek (str. 57) označení X206, u druhé (str. 63, ladička) označení X207. Pod tímto označením si můžete desky objednat na známé adrese
Služba radioamatérům
Drobné provozovny MNV Čeladná
Lidická 24
703 00 Ostrava-Vítkovice

TESLA **HRADEC KRÁLOVÉ, koncernový podnik**

nabízí z perspektivního sortimentu tyto součástky:

TCXO – Krystalový oscilátor s teplotní kompenzací, s malým příkonem, napěťově řízený

	TCX02	TCX03
	typ 90 850	typ 90 890
frekvence	5–10 MHz	5–10 MHz

OCXO – Vysoce stabilní krystalový oscilátor, možnost napěťového řízení

	OCXO	OCXO
	typ 90 900	typ 90 801
frekvence	5–10 MHz	5–10 MHz

VCXO – Krystalový oscilátor pro frekvenční modulaci s malým příkonem, napěťově řízený

	VCX01	VCX01
	typ 90 480	90 450
frekvence	6–26 MHz	10–15 MHz

MXO1 – Miniaturní krystalový oscilátor s malým příkonem

	MX01
typ	90 821
frekvence	48–12 MHz

CXO – Krystalový oscilátor CLOCK

	CXO
typ	90 950
frekvence	40–70 MHz

Podrobné technické informace poskytne obratem na požádání

odbyt TESLA HRADEC KRÁLOVÉ, koncernový podnik
Okružní 1144
500 80 Hradec Králové

